

KA

中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T XXXXX—XXXX

冲击危险性评价的综合指数方法

Evaluation of rock burst hazard based on comprehensive index method

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家矿山安全监察局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 评价原则及适用条件	2
5 评价流程	2
6 评价指标	2
7 取值规则	5
8 评价指标选取	8
9 综合指数计算及冲击危险等级确定	9
附录 A（资料性） 综合指数方法评价流程图	10
附录 B（资料性） 顶板岩层厚度特征参数确定方法	11
附录 C（资料性） 保护层的保护效果确定方法	12
附录 D（资料性） 煤层厚度变异系数确定方法	13
附录 E（资料性） 矿井、水平、煤层冲击危险综合指数计算表	14

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国家矿山安全监察局提出。

本文件由矿山安全行业标准化技术委员会冲击地压（岩爆）防治分技术委员会归口。

本文件起草单位：中国矿业大学、江苏徐矿能源股份有限公司、煤炭科学技术研究院有限公司、上海大屯能源股份有限公司、辽宁大学、煤炭科学研究总院有限公司深部开采与冲击地压防治研究院、辽宁工程技术大学、山东能源集团有限公司、中国中煤能源集团有限公司、徐州弘毅科技发展有限公司。

本文件主要起草人：窦林名、牟宗龙、潘一山、李剑锋、齐庆新、翁明月、曹安业、张修峰、赵善坤、张宁博、丁传宏、巩思园、贺虎、王书文、韩军、马志锋、孙振于、李云鹏。

本文件为首次发布。

冲击危险性评价的综合指数方法

1 范围

本文件规定了综合指数方法评价冲击地压危险性的术语和定义、评价原则、适用条件、评价流程、评价指标、取值规则、评价指标选取、综合指数计算及冲击危险等级确定等内容。

本文件适用于新建、改建、扩建、生产矿井的冲击危险性评价，以及矿井的水平、煤层、采（盘）区、掘进工作面、回采工作面、煤层硐室以及煤层大巷（包括准备巷道）等的冲击危险性评价，既可以用于生产前的预评价，也可以用于生产过程中的现状评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 15663.3-2008 煤矿科技术语 第3部分 地下开采

GB/T 25217.1-2010 冲击地压测定、监测与防治方法 第1部分：顶板岩层冲击倾向性分类及指数的测定方法

GB/T 25217.2-2010 冲击地压测定、监测与防治方法 第2部分：煤的冲击倾向性分类及指数的测定方法

GB/T 25217.12-2019 冲击地压测定、监测与防治方法 第12部分：开采保护层防治方法

《煤矿安全规程》

《防治煤矿冲击地压细则》

《冲击地压矿井鉴定暂行办法》

3 术语和定义

GB/T 15663.3-2008、GB/T 25217.1、GB/T 25217.2和GB/T 25217.12界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

综合指数方法 comprehensive index method

又称综合指数法，一种综合分析区域内地质类和开采类因素对冲击地压的影响权重、计算冲击危险综合指数、确定冲击危险等级的冲击地压预测方法。

3.2

冲击危险性 risk of rock burst

又称冲击地压危险性，指发生冲击地压的危险程度或可能性大小。

3.3

冲击危险等级 risk level of rock burst

又称冲击地压危险等级，指按冲击危险性高低进行的分级，分为无冲击、弱冲击、中等冲击和强冲击4个等级。

3.4

地质类指标 geological index

又称自然类指标，由对冲击危险性有主要影响作用的地质因素确定的指标。

3.5

开采类指标 mining index

又称技术类指标，由对冲击危险性有主要影响作用的开采因素确定的指标。

3.6

指标分值 index value

根据指标对冲击危险的影响程度确定的指标值。

3.7

冲击危险综合指数 comprehensive index of rock burst risk

经综合指数方法确定的评价对象的最终冲击危险等级对应的指数。

4 评价原则及适用条件

4.1 若现场实际地质或开采条件发生较大变化或因其他因素可能导致评价结果发生较大改变时，应重新进行评价。

4.2 评价结果与实际监测结果可能存在差异，应综合考虑评价结果与实际监测结果，采取针对性防冲措施。

5 评价流程

冲击危险性评价的综合指数方法评价流程为：

- a) 确定评价对象的冲击危险性评价指标和综合指数计算表；
- b) 确定评价对象各评价指标的分值；
- c) 计算地质类和开采类指标的冲击危险综合指数；
- d) 确定评价对象的冲击危险综合指数；
- e) 确定冲击危险等级。

评价流程图见附录A。

6 评价指标

6.1 地质类指标

6.1.1 冲击地压历史发生次数

冲击地压历史发生次数是指矿井的本水平、上水平和本煤层冲击地压发生的次数。

示例：

某矿有2层煤和3个水平，如果二水平的1号煤层发生过冲击，则整个1号煤层、整个二水平和整个三水平都按有冲击历史取值，只有一水平的2号煤层按无冲击历史取值。

6.1.2 开采深度

开采深度是指评价对象的开采（或掘进）深度范围。

矿井、煤层、水平等处于开采中后期时，可按剩余可采区域对应的采深取值。

示例：

按评价对象对应的深度取值，埋深变化不超过200 m时，按平均埋深取值；埋深变化超过200 m时，既可按最大采深取值，也可分区间取值（此时对应多个指数）。

6.1.3 煤层厚度

煤层厚度是指煤层采出或掘出的实际厚度。

对于分层开采是指分层开采的实际厚度（评价矿井、水平、煤层或采区等时按厚度最大的分层厚度计算）；对于煤层硐室以及煤层巷道等是指硐室及巷道的实际高度；对于充填开采，是指实际采煤厚度减去充填厚度（充填物压实后的厚度）后的等效采厚。对于3.5 m以上的厚及特厚煤层，如果生产实践验证煤层厚度对冲击危险性影响较小，则可将对应指标分值适当降低1~2。

6.1.4 煤的弹性能量指数

煤的弹性能量指数由按GB/T 25217.2-2010描述的方法测定。

采用爆破、钻孔等措施对煤体进行卸压后，可根据实际卸压效果，适当降低指标取值。

6.1.5 煤的冲击倾向性

煤的冲击倾向性是指煤层的冲击倾向性鉴定结果。当煤层为无冲击倾向，但顶板具有冲击倾向时，按顶板鉴定结果对应的指标进行取值。顶板的冲击倾向性由按GB/T 25217.1-2010描述的方法测定，煤的冲击倾向性由按GB/T 25217.2-2010描述的方法测定。

采用注水或注化学材料等方式（不含采用爆破、钻孔、割缝等物理松散煤体方式）充分软化煤体后，可将强冲击倾向性煤按弱冲击倾向性煤对应的指标进行取值。

6.1.6 坚硬厚岩层与煤层的厚距关系

坚硬厚岩层与煤层的厚距关系是指煤层上方100 m范围内坚硬厚岩层厚度和下界面距煤层距离之间的组合关系。

岩层下界面进入100 m范围内的厚岩层按整层厚度计算；100 m范围内存在多层坚硬厚岩层时，需分别计算，并取其中对应的最大分值，100 m范围内无坚硬厚岩层时该项取值为0。采用顶板预裂措施后，可根据预裂及卸压实际效果，适当降低指标取值1~2。

坚硬厚岩层是指裂隙不发育、厚度大于10 m、单轴抗压强度超过60 MPa的岩层。

6.1.7 顶板岩层厚度特征参数

顶板岩层厚度特征参数是指煤层上方100 m范围内多层岩层组合形成的等效厚度特征参数。

顶板岩层厚度特征参数计算方法见附录B。

6.1.8 地质构造复杂程度

地质构造复杂程度是指影响构造应力的地质构造赋存情况。

矿井、煤层、水平、采（盘）区等可参照矿井地质类型划分报告中的结论；采（掘）工作面、硐室及煤层大巷等，可综合考虑评价区域内的构造规模、数量、分布、断层产状、褶曲范围、岩浆岩侵入以及煤层相变程度等确定地质构造复杂程度。矿井、煤层、水平等处于开采中后期时，可按剩余可采区域对应的地质构造赋存情况进行取值。

6.1.9 保护层的保护效果

保护层的保护效果是指上或下保护层或分层开采的卸压保护效果。

保护层的保护效果确定方法见附录C。

无保护层或无分层开采时，不考虑此项。

6.1.10 上、下煤层遗留煤柱的影响程度

上、下煤层遗留煤柱的影响程度是指上、下煤层保护层开采或分层开采时遗留煤柱（含采空区边界煤体应力集中区）的影响程度。

当采用完全充填法或部分充填法开采时的充填物形状及尺寸具备煤柱特征时，也视为遗留煤柱。应综合考虑上、下煤层或本煤层分层开采时遗留煤柱的位置、尺寸和影响范围进行取值，影响范围可参照GB/T 25217.12中规定的方法确定。

无保护层或无分层开采时，不考虑此项。

6.2 开采类指标

6.2.1 工作面布置形式

工作面布置形式是指工作面的尺寸、不规则布置（含边角煤工作面）等因素对应力集中的影响程度。

考虑工作面走向和倾向长度偏小、扩面、缩面、拐弯、边角煤开采等情况。将扩面、缩面、拐弯位置及前后50 m定义为不规则区域；当工作面在推进长度上或在开采面积上存在50 %以上区域具备上述不规则布置情况时，为很不规则布置；当工作面局部区域具备以上情况时，可酌情取值1~2。

6.2.2 采空区处理方式

采空区处理方式是指采空区顶板的处理方式，包括采用全部垮落法、部分充填法和完全充填法处理。

6.2.3 与邻近采空区的关系

与邻近采空区的关系是指工作面、煤层硐室以及煤层大巷等周边采空区分布情况，包括实体煤布置、一侧邻空、两侧邻空、三侧及以上邻空等。

这里的采空区是指在评价对象采掘前其周边已经存在且覆岩已基本稳定的采空区，不包括评价对象采掘过程中动态形成的采空区。

6.2.4 保护煤柱宽度

保护煤柱宽度是指掘进工作面、回采工作面等与相邻采空区之间留设的煤柱宽度。

不规则煤柱时，先按平均宽度取值，再根据不规则程度酌情将分值增加1~2。对较大煤柱进行卸压后，可根据实际卸压效果，适当降低指标取值1~2。

6.2.5 停采线保护煤柱宽度

停采线保护煤柱宽度是指煤层硐室、煤层大巷等与相邻采空区之间留设的煤柱宽度。

不规则煤柱时，先按平均宽度取值，再根据不规则程度酌情将分值增加1~2；厚煤层或特厚煤层时，开采扰动距离可能超过200 m，可根据实际情况酌情调整分值。

6.2.6 留底煤厚度

留底煤厚度是指巷道设计留底煤的厚度。

沿底掘进过小断层等构造时遗留的少量底煤不属于此情况。

6.2.7 向采空区掘进时与采空区的距离

向采空区掘进时与采空区的距离是指掘进工作面与前方采空区边界的最小距离。

无向采空区掘进时，此项取值为0。

6.2.8 向采空区推进时与采空区的距离

向采空区推进时与采空区的距离是指推进工作面与前方采空区边界的最小距离。

无向采空区推进时，此项取值为0。

6.2.9 与断层的距离

与断层的距离是指掘进工作面、回采工作面、煤层硐室以及煤层大巷等与断层（指落差超过5 m的较大断层）的距离。

以采掘工作面、煤层硐室以及煤层大巷等至断层的最小距离计算；当距离变化大时可酌情按平均距离计算，也可根据断层落差情况，取值适当变动 ± 1 。对断层区域采取卸压措施后，可根据实际卸压效果，适当降低指标取值1~2。无断层时，此项取值为0。

6.2.10 与褶曲轴部的距离

与褶曲轴部的距离是指掘进工作面、回采工作面、煤层硐室以及煤层大巷等与褶曲轴部的距离。

以采掘工作面、煤层硐室以及煤层大巷等至褶曲（煤层倾角变化大于 15° ）轴部的最小距离计算；当距离变化大时可酌情按平均距离计算。无褶曲时，此项取值为0。

6.2.11 与煤层相变带的距离

与煤层相变带的距离是指掘进工作面、回采工作面、煤层硐室以及煤层大巷等与煤层相变带的距离。

煤层相变带包括煤层侵蚀、尖灭、煤种变化、陷落柱、分岔、合层或厚度变化带等（指厚度变异系数高于50%的区域，变异系数计算方法见附录D），以采掘工作面、煤层硐室以及煤层大巷等至煤层相变带的最小距离计算；当距离变化大时可酌情按平均距离计算。无相变带时，此项取值为0。

6.2.12 受扰动程度，与回采工作面的距离

受扰动程度，与回采工作面的距离是指周边工作面开采对煤层硐室以及煤层大巷的扰动程度。

7 取值规则

7.1 地质类评价指标取值规则见表1。

表1 地质类评价指标及取值汇总表

序号	评价指标	指标因素	指标区间划分	指标分值 (w)
1	W_1	冲击地压历史发生次数 (N)	$N=0$	0
			$N=1$	1
			$N=2$	2
			$N \geq 3$	3
2	W_2	开采深度 (H)	$H \leq 400$ m	1
			$400 \text{ m} < H \leq 600$ m	2
			$600 \text{ m} < H \leq 800$ m	3
			$800 \text{ m} < H \leq 1000$ m	4
			$H > 1000$ m	5
3	W_3	煤层厚度 (M_c)	$M_c \leq 1.3$ m	1
			$1.3 \text{ m} < M_c \leq 3.5$ m	2
			$3.5 \text{ m} < M_c \leq 8$ m	3
			$M_c > 8$ m	4
4	W_4	煤的弹性能量指数 (W_{ET})	$W_{ET} < 2$	0
			$2 \leq W_{ET} < 5$	1.5
			$W_{ET} \geq 5$	3
5	W_5	煤的冲击倾向性	无	0
			弱	1.5
			强	3
6	W_6	坚硬厚岩层与煤层的厚距关系 (M, d)	A 区间: $M-0.9d \leq 10$	0
			B 区间: $\begin{cases} M-0.9d > 10 \\ M-1.35d \leq 15 \end{cases}$	1
			C 区间: $\begin{cases} M-1.35d > 15 \\ M-1.8d \leq 20 \end{cases}$	2
			D 区间: $M-1.8d > 20$	3
7	W_7	顶板岩层厚度特征参数 (L_{st}) (煤层上方 100 m 范围内)	$L_{st} \leq 80$ m	0
			$80 \text{ m} < L_{st} \leq 90$ m	1
			$L_{st} > 90$ m	2
8	W_8	地质构造复杂程度	简单	0
			中等	1
			复杂	2
			极复杂	3

表1 (续)

序号	评价指标	指标因素	指标区间划分	指标分值 (w)
9	W_9	保护层的保护效果 (无保护层或无分层时不考虑)	充分	-4
			中等	-3
			一般	-2
			基本压实	-1
10	W_{10}	上、下煤层遗留煤柱的影响程度 (无保护层或无分层时不考虑)	无	0
			较小	1
			中等	2
			较大	3
			很大	4

7.2 开采类评价指标取值规则见表 2。

表2 开采类评价指标及取值汇总表

序号	评价指标	指标因素	指标区间划分	指标分值 (w)
1	W'_1	工作面布置形式	规则	0
			较规则	1
			不规则	2
			很不规则	3
2	W'_2	采空区处理方式	完全充填法	0
			部分充填法	1
			全部垮落法	2
3	W'_3	与邻近采空区的关系	实体煤工作面	1
			一侧采空	2
			两侧采空	3
			三侧及以上采空	4
4	W'_4	保护煤柱宽度 (D_m)	$D_m \leq 5$ m, 或 $D_m \geq 100$ m	0
			5 m $< D_m \leq 8$ m, 或 80 m $< D_m < 100$ m	1
			8 m $< D_m \leq 10$ m, 或 30 m $< D_m \leq 80$ m	2
			10 m $< D_m \leq 30$ m	3
5	W'_5	停采线保护煤柱宽度 (D_d)	$D_d \geq 200$ m	0
			150 m $\leq D_d < 200$ m	1
			100 m $\leq D_d < 150$ m	2
			50 m $\leq D_d < 100$ m	3
			$D_d < 50$ m	4

表2 (续)

序号	评价指标	指标因素	指标区间划分	指标分值 (w)
6	W'_6	留底煤厚度 (T_d)	$T_d=0$ m	0
			$0\text{ m}<T_d\leq 1$ m	1
			$1\text{ m}<T_d\leq 2$ m	2
			$T_d>2$ m	3
7	W'_7	向采空区掘进时与采空区的距离 (L_j) (无向采空区掘进时取 0)	$L_j\geq 150$ m	0
			$100\text{ m}\leq L_j<150$ m	1
			$50\text{ m}\leq L_j<100$ m	2
			$L_j<50$ m	3
8	W'_8	向采空区推进时与采空区的距离 (L_c) (无向采空区推进时取 0)	$L_c\geq 300$ m	0
			$200\text{ m}\leq L_c<300$ m	1
			$100\text{ m}\leq L_c<200$ m	2
			$L_c<100$ m	3
9	W'_9	与断层的距离 (L_d) (无断层时取 0)	$L_d\geq 100$ m	0
			$50\text{ m}\leq L_d<100$ m	1
			$20\text{ m}\leq L_d<50$ m	2
			$L_d<20$ m	3
10	W'_{10}	与褶曲轴部的距离 (L_z) (无褶曲时取 0)	$L_z\geq 50$ m	0
			$20\text{ m}\leq L_z<50$ m	1
			$10\text{ m}\leq L_z<20$ m	2
			$L_z<10$ m	3
11	W'_{11}	与煤层相变带的距离 (L_b) (无相变带时取 0)	$L_b\geq 50$ m	0
			$20\text{ m}\leq L_b<50$ m	1
			$10\text{ m}\leq L_b<20$ m	2
			$L_b<10$ m	3
12	W'_{12}	受扰动程度, 与回采工作面的距离 (L)	$L\geq 500$ m	0
			$350\text{ m}\leq L<500$ m	1
			$200\text{ m}\leq L<350$ m	2
			$L<200$ m	3

8 评价指标选取

各评价对象的冲击危险性评价指标选取如表3所示, 矿井、水平、煤层冲击危险综合指数计算表见附录E。

表3 各评价对象冲击危险性评价指标表

对象	矿井、水平、煤层	采（盘）区		回采工作面		掘进工作面		煤层硐室、煤层大巷
序号	地质类	地质类	开采类	地质类	开采类	地质类	开采类	地质和开采类
1	W_1	W_1	W'_1	W_1	W'_1	W_1	W'_4	W_1
2	W_2	W_2	W'_2	W_2	W'_2	W_2	W'_6	W_2
3	W_3	W_3	W'_3	W_3	W'_3	W_3	W'_7	W_3
4	W_4	W_4	W'_4	W_4	W'_4	W_4	W'_9	W_4
5	W_5	W_5	W'_9	W_5	W'_6	W_5	W'_{10}	W_5
6	W_6	W_6	W'_{10}	W_6	W'_8	W_8	W'_{11}	W_8
7	W_7	W_7	W'_{11}	W_7	W'_9	W_9		W'_5
8	W_8	W_8		W_8	W'_{10}	W_{10}		W'_6
9		W_9		W_9	W'_{11}			W'_{12}
10		W_{10}		W_{10}				

9 综合指数计算及冲击危险等级确定

9.1 综合指数计算

冲击危险综合指数 W_t 按下式（1）计算：

$$W_t = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{\sum_{i=1}^n W_{i \max}} \quad (1)$$

式中：

W_i ——第 i 个指标对应的分值；

$W_{i \max}$ ——第 i 个指标对应的最大分值；

n ——实际对应的指标数量。

其中，采（盘）区、掘进工作面以及回采工作面需分别计算地质类和开采类综合指数，然后取两者中的最大值。

9.2 冲击危险等级确定

将冲击危险综合指数划分为 4 个区间，分别对应冲击危险的 4 个等级（无冲击、弱冲击、中等冲击、强冲击），如表 4 所示。

表4 冲击危险综合指数与危险等级对照表

冲击危险综合指数	指数区间划分	冲击危险等级
$W_t = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{\sum_{i=1}^n W_{i \max}}$	$W_t \leq 0.25$	无
	$0.25 < W_t \leq 0.5$	弱
	$0.5 < W_t \leq 0.75$	中等
	$W_t > 0.75$	强

附录 A

(资料性)

综合指数方法评价流程图

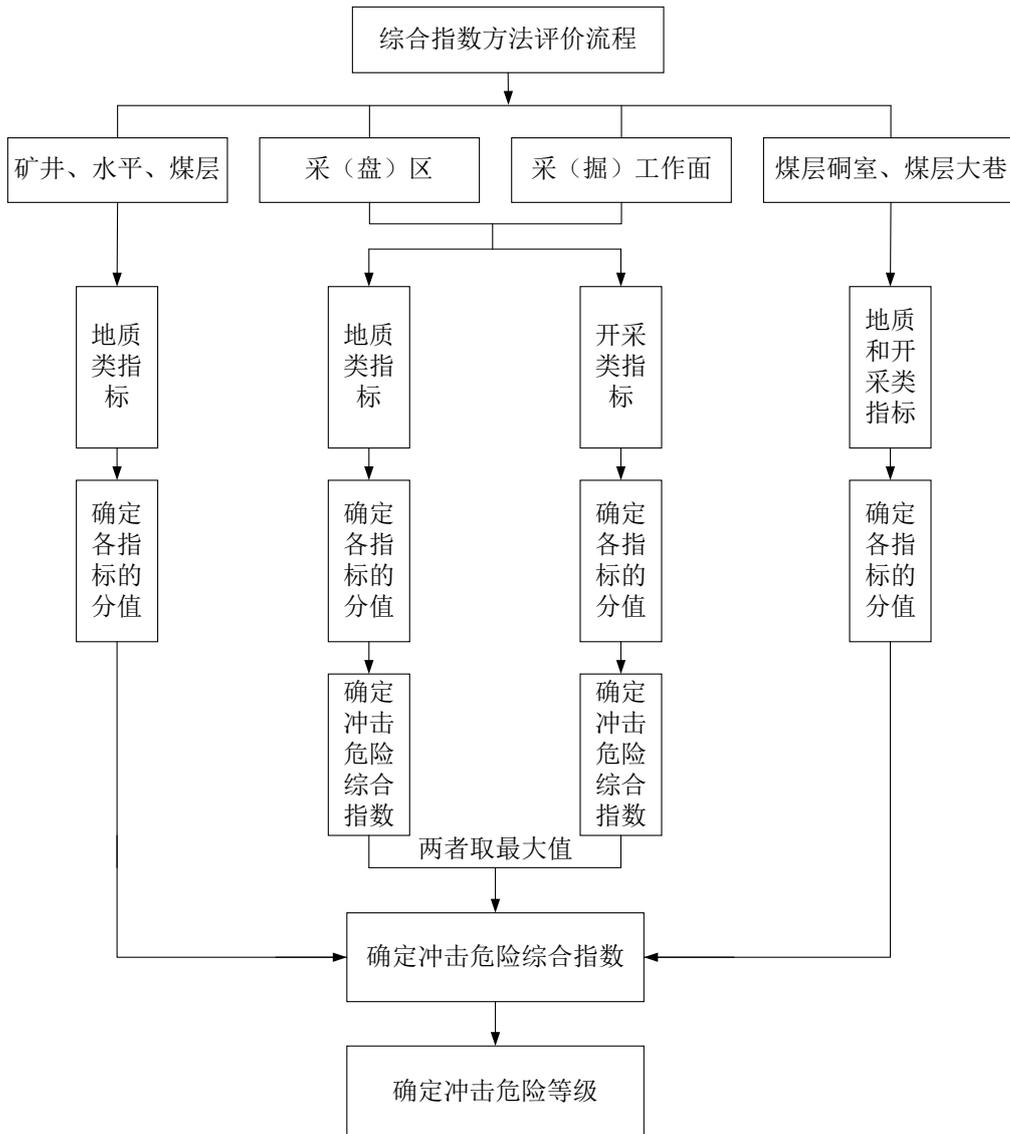


图 A.1 综合指数方法评价流程图

附录 B

(资料性)

顶板岩层厚度特征参数确定方法

以砂岩为标准的顶板岩层厚度特征参数 L_{st} 计算公式如 (B.1) 所示。

$$L_{st} = \sum_{i=1}^n h_i r_i \quad (\text{B.1})$$

式中：

n ——为煤层上方 100 m 范围内的岩层数量；

h_i ——为 100 m 范围顶板内第 i 层岩层的厚度（当累加到第 n 层岩层导致总厚度超过 100 m 时，则第 n 层岩层的厚度按照总厚度 100 m 为上限进行取值）；若第 n 层岩层实际厚度为 20 m，当累加到第 $(n-1)$ 层岩层时，总厚度为 90 m，则第 n 层岩层厚度取 10 m；

r_i ——为第 i 层岩层的弱面系数。

定义砂岩岩层的强度系数和弱面系数为 1.0，则各岩层的强度系数和弱面系数见表 B.1。

表B.1 岩层的强度系数和弱面系数

岩层	砂岩	泥岩	页岩	煤	采空区冒矸
强度系数	1.0	0.82	0.58	0.34	0.2
弱面系数 r_i	1.0	0.62	0.29	0.11	0.04
注：表中未列出的岩性，可根据其物理力学性质并参照表中性质相近的岩性确定强度系数和弱面系数					

附录 C

(资料性)

保护层的保护效果确定方法

C.1 卸压期限

是指某区域从开采结束时开始算起到评价对象开始采掘的时间间隔，当该区域布置有多个工作面、导致开采时间跨度较大时，应分区分时计算。

示例：

煤层 A 为保护层，煤层 B 为被保护层，如果煤层 A 中的采区 C 的第一个工作面结束时间和最后一个工作面结束时间间隔不超过 3 年，则评价煤层 B 中被保护对象时的卸压期限应从采区 C 的第一个工作面结束时间到最后一个工作面结束时间的中间时间算起；当时间间隔超过 3 年时，要对采区 C 按照间隔不超过 3 年的几个工作面分区或按照每个工作面进行分区计算卸压期限。

C.2 保护效果

C.2.1 应综合考虑保护层（或分层开采）开采厚度、层间距、中间岩层赋存特征、卸压期限等因素对保护效果的影响。

C.2.2 也可通过微震、应力、钻屑等实测方法确定保护层的保护效果。

C.2.3 也可参照国标 GB/T 25217.12 相应规定确定卸压期限与保护效果的关系。

C.3 其他情况

若被保护层位于计算的保护范围之外，则等同于无保护层开采。

附 录 D

(资料性)

煤层厚度变异系数确定方法

煤层厚度变异系数是指评价区域内煤层厚度变化偏离平均厚度程度的指标，按公式 (D.1) 计算：

$$C_v = \frac{S}{m_i} \times 100\% \quad (\text{D.1})$$

式中：

C_v ——为煤层厚度变异系数，%；

S ——为煤层厚度变化标准差；

m_i ——为第 i 个见煤点的实测厚度，m。

S 按公式 (D.2) 计算：

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}{n - 1}} \quad (\text{D.2})$$

式中：

\bar{m} ——为计算区域内的煤层平均厚度，m；

n ——为参加计算的见煤点数。

附录 E

(资料性)

矿井、水平、煤层冲击危险综合指数计算表

表 E.1 矿井、水平、煤层冲击危险综合指数计算表

序号	评价指标	指标因素	指标区间划分	指标分值 (w)	取值依据	实际取值
1	W_1	冲击地压历史发生次数 (N)	$N=0$	0		
			$N=1$	1		
			$N=2$	2		
			$N \geq 3$	3		
2	W_2	开采深度 (H)	$H \leq 400$ m	1		
			$400 \text{ m} < H \leq 600$ m	2		
			$600 \text{ m} < H \leq 800$ m	3		
			$800 \text{ m} < H \leq 1000$ m	4		
			$H > 1000$ m	5		
3	W_3	煤层厚度 (M_c)	$M_c \leq 1.3$ m	1		
			$1.3 \text{ m} < M_c \leq 3.5$ m	2		
			$3.5 \text{ m} < M_c \leq 8$ m	3		
			$M_c > 8$ m	4		
4	W_4	煤的弹性能量指数 (W_{ET})	$W_{ET} < 2$	0		
			$2 \leq W_{ET} < 5$	1.5		
			$W_{ET} \geq 5$	3		
5	W_5	煤的冲击倾向性	无	0		
			弱	1.5		
			强	3		
6	W_6	坚硬厚岩层与煤层的厚距关系 (M, d)	A 区间: $M-0.9d \leq 10$	0		
			B 区间: $\begin{cases} M-0.9d > 10 \\ M-1.35d \leq 15 \end{cases}$	1		
			C 区间: $\begin{cases} M-1.35d > 15 \\ M-1.8d \leq 20 \end{cases}$	2		
			D 区间: $M-1.8d > 20$	3		
7	W_7	顶板岩层厚度特征参数 (L_{st}) (煤层上方 100 m 范围内)	$L_{st} \leq 80$ m	0		
			$80 \text{ m} < L_{st} \leq 90$ m	1		
			$L_{st} > 90$ m	2		

表E.1 (续)

序号	评价指标	指标因素	指标区间划分	指标分值 (w)	取值依据	实际取值
8	W_8	地质构造复杂程度	简单	0		
			中等	1		
			复杂	2		
			极复杂	3		
最大分值之和		26	实际分值之和			
			综合指数值			