

## 钻屑法检测冲击地压危险的实践

冯恩杰

冯恩杰 邓小林 李伟清

(兖州集团公司 东滩煤矿, 山东 邹城273515)

**摘要** 通过实验室测得东滩煤矿发生冲击地压的临界值, 利用钻屑量与应力之间函数关系确定矿井理论钻屑量临界值, 根据钻屑量临界值所处钻孔的位置确定是否存在冲击地压危险, 并适时采取合适的解危措施, 检测解危效果。

**关键词** 钻屑法; 检测; 冲击地压

### 1 钻屑法检测冲击地压危险的基本理论

在受压煤层中钻小直径钻孔, 当钻孔进入煤体高应力区时, 钻进过程呈现动态特征, 孔壁煤体部分可能突然挤入孔内, 并伴有振动、声响或微冲击等现象, 单位长度排出的煤粉量大于正常量, 钻屑粒度增大, 可能出现卡钻现象。为了客观地评价采掘地点的冲击危险程度, 必须适时确定支承压力带峰值大小和位置。但是直接测定煤层应力相当困难, 尚没有可靠方法。一般采用相对评价的方法, 对处于极限应力状态的边缘区进行钻进, 研究钻进过程中的动态效应与煤体应力之间的关系, 从而判定冲击危险。

对煤体打钻至一定深度后, 钻孔周围将逐渐过渡到极限应力状态, 如图1所示。孔壁部分煤体可能突然挤入孔内, 并伴有不同程度的响声和微冲击, 打钻过程中发生吸钻或卡钻甚至卡死。出现这些变化的原因, 是钻孔周围煤体变形和脆性破碎所致。煤层中的应力愈大, 煤的脆性破碎愈占优势。在钻孔的B段, 孔周围煤体处于极限应力状态, 打钻过程中钻屑量异常增多, 钻屑粒度增大, 响声和微冲击强度升高, 孔径扩大, 这就是所谓的钻孔效应。粒度增大和钻进容易, 是因为在高应力作用下, 打钻几乎不需要钻头参与就自动破碎, 勿需推力, 研磨也小, 造成钻屑块度变大。这种钻孔效应与巷道发生的冲击地压相似, 只是尺寸、规模不同而已。只要出现这种钻孔效应, 就意味着应力集中带的出现。在应力集中带钻孔, 钻屑量异常多, 钻孔冲击更强烈, 钻孔周围破碎带不断扩大。

### 2 钻屑量与应力之间的关系

已有不少学者对钻屑量与煤体应力之间的定量关系进行了研究, 一般都假设钻孔前煤体为均质、各向同性的弹性体, 视为具有圆孔的无限大平面应变问题进行处理。并采用库仑—摩尔准则为钻孔后出现非弹性变形的屈服准则, 把载荷视为静水压力状态下的轴对称问题。但都没有考虑煤在非弹性变形区所出现的应变软化性质。为了更符合实际, 考虑煤的应变软化性质和非弹性变形区的扩容, 来建立煤体应力和钻屑量之间的函数关系。考虑应变软化的扩容影响, 钻屑量 $G$ 与煤体应力 $p$ 之间的关系式为

### 安全科普知识

- ◆ 不断发展的三维地震勘探技术
- ◆ 钻探勘查技术
- ◆ 中国煤炭能源新产业发展现状
- ◆ 中国煤炭煤质特征
- ◆ 中国煤炭煤质特征1
- ◆ 中国煤炭分类国家标准中各类煤
- ◆ 怎样做好煤矿新工人安全教育培训
- ◆ 我国煤矿职业危害的防治对策
- ◆ 数字解读山西煤炭
- ◆ 数字化矿井筑起安全保障线

更多>>

### 专家答疑

- ◆ 煤矿启封密闭的安全技术措施
- ◆ 主井的防腐处理
- ◆ 上隅角瓦斯治理
- ◆ 请问有没有办法让烟煤变成无烟煤变无烟煤
- ◆ 请问缺失挥发份的值怎么计算
- ◆ 证件
- ◆ 皮带断带的问题
- ◆ 抽出式局部风机的用途
- ◆ 为什么挖煤前要请测量人员测

更多>>

$$G = \gamma(\pi\alpha^2 + 2\pi R U_R) + (n-1/2) \gamma(R^2 - a^2) \quad (1)$$

$$U_R = [(1+\mu)/2E]R[\sigma_c + (q-1)/(q+1)(2p - \sigma_c)] \quad (2)$$

(2)式中： $\gamma$ 为煤的容重； $a$ 为成孔后半径； $R$ 为非弹性区半径； $U_a$ 为扩容在内的孔内壁径位移； $U_R$ 为非弹性区和弹性区交界处的径向位移； $n$ 为考虑扩容而产生的影响，一般取1.1~1.2； $q$ 为系数， $q = (1 + \sin \varphi) / (1 - \sin \varphi)$ ， $\varphi$ 为煤的内摩擦角； $\mu$ 为泊松比； $\sigma_c$ 为煤的单轴抗压强度。实践表明，采用相同钻头钻孔，成孔后的孔径随煤体应力的增加而增大。在特殊情况下，还能出现孔壁破损失稳现象，钻屑量将数十倍地增加。关于这种情况，库克曾作过阐述，并提出其发生条件为

$$[R/a - 1] \geq E / (1 + \mu) B \quad (3)$$

式中： $B$ 为煤体非弹性区的应力—应变曲线的斜率，近似为常数； $E$ 为煤的弹性系数。采用 $\varphi 44$  mm钻头钻孔，孔径一般为48~60 mm。但如前述，煤体应力大，孔径增大，钻屑量增多。如果能在实验室测得煤的力学参数，在现场测得钻屑量和平均孔径，那么就可按式(1)和式(2)采用逐步逼近法求出相应的应力。把它和实验室测得的煤的强度值进行比较，就可用以判定冲击地压危险程度，或与钻屑法实验室试验结果相验证，确定钻屑指标。

一般情况下，煤体处于非对称载荷下，而式(1)和式(2)是在对称载荷下求得的煤体应力和钻屑量间的关系式。采用有限元法对非对称载荷下圆孔非弹性变形位移求解，按所求值计算由于非弹性变性引起的相应钻屑量，再把它与对称载荷下( $\lambda=1$ )由非弹性变形引起的钻屑量进行比较，当 $\lambda=0.25$ 时，其误差不到5%，所以式(1)和式(2)在不同侧压比情况下均可适用，并且精度能够满足工程上的要求。

### 3 冲击地压危险指标的确定

冲击地压危险指标的确定，是应用钻屑法预测冲击地压的关键。钻屑法作为预测手段，首要任务是建立钻屑量和煤体应力之间的关系，通过钻屑量了解煤体应力状态，确定可能发生冲击地压时的最大钻屑量；其次是了解最大集中应力的位置，即出现最大钻屑量的位置到煤壁距离；第三是分析钻屑的粒度组成、钻进难易程度、卡钻、震动和微冲击等动力现象与冲击地压发生的可能联系。按照上述3个条件建立冲击危险检测指标，判定冲击地压危险等级。

#### 3.1 钻屑量指标

在《冲击地压煤层安全开采暂行规定》中规定，用钻粉率指数判别工作地点冲击危险性指标，可参照表1确定，结合实际情况执行。在表中所列的钻孔测量深度内，实际钻粉量达到相应指标或出现钻杆卡死现象，可判别为所测地点有冲击危险。

表1 判别工作地点冲击地压危险性的钻粉率指标

钻孔深度/煤层开采厚度	1.5	1.5~3	3
-------------	-----	-------	---

钻粉率指数	$\geq 1.5$	2~3	$\geq 4$
-------	------------	-----	----------

按表1规定，参照东滩矿有冲击地压危险地点的开采条件，确定应用的指标值见表2。

表2 东滩煤矿判别冲击地压危险的钻屑量指标

钻孔深度 / mm	$\leq 4.0$	4.0
钻粉率指数	$> 1.5$	$> 2.5$

钻粉率指数=每米实际钻粉量/每米正常钻粉量

钻粉率指数应折算成容易测量的指标，一般以测量煤粉的体积比较方便。正常钻粉量是在支承压力影响带范围以外测得的煤粉量，选择不受采动影响的煤体中的巷道，测定5个孔并取各孔煤粉量的平均值作为正常煤粉量。正常钻粉量通过现场测试和理论计算方法确定。

### 3.1.1理论计算临界钻粉量

根据式(1)、式(2)和式(3)计算临界钻粉量。

通过钻孔冲击试验可知，东滩矿发生冲击的临界压力为60 MPa，以此值作为煤体压力 $p$ 。3煤的其他参数取值如下：煤的弹性模量 $E$ 为4 000 MPa；容重 $\gamma$ 为1.35 g/cm<sup>3</sup>；泊松比 $\mu$ 为0.30；内摩擦角 $\phi$ 为32°；煤的单向抗压强度取20 MPa；钻孔成孔后半径 $a$ 为27 mm； $n=1.1$ ；经计算 $q=3.26$ 。

由于采用煤体压力为60 MPa，可视为钻孔处于临界失稳状态，所以可采用式(2)确定钻孔周围的非弹性区的半径 $R$ 。将以上数据代入式(1)，可计算出在临界压力60 MPa的条件下，在煤体中可钻取的临界钻粉量为3.24 kg，换算为4.15 L。所以根据理论计算确定的临界钻粉量取为4 L。

### 3.1.2统计现场测试的钻屑量数据

对现场实测钻屑量进行分析，对于受采动影响不大的地点，绝大多数测点1 m及2 m的钻屑量为2.6 L左右。所以按现场实测结果可确定标准钻屑量为2.6 L。当钻孔深度 $\leq 4$  m时，2.6 L $\times$ 1.5倍=3.9 L，取为4 L；当钻孔深度大于4 m时，2.6 L $\times$ 2.5倍=6.5 L，考虑安全系数，临界值取为6 L。钻屑法的临界指标如表3所列。

表3 东滩矿判别冲击危险的钻屑量临界指标

钻孔深度 / m	$\leq 4.0$	4.0~7
临界指标/L $\cdot$ m <sup>-1</sup>	$> 4$	$> 6$

### 3.2距离指标

如前所述，为了客观地评价冲击地压危险程度，必须确定最大支承压力区中的峰值大小，以及峰值位置至煤壁的距离。煤岩的三轴强度试验表明，当围压达到一定程度后，煤样“塑化”，几乎失去冲击倾向。当达到一定深

度后，即使在该处形成冲击，由于该区至煤壁之间煤体构成的阻力大，冲击部分的煤体也不能抛向采掘空间。这种深部冲击的动力效应只是产生震动和响声，危害有限。根据东滩煤矿的煤岩性质及开采条件，确定有冲击危险的距离指标为7 m，即如果在距煤壁7 m的范围内出现危险指标临界值的情况，可认为存在冲击危险。超过7 m以后，即使发生冲击，由于距煤壁较远，阻力大，只是深部冲击，其动力效应仅是深部的声响和震动，不会出现冲击地压事故。

### 3.3动力效应

动力效应指钻进过程中伴随出现的冲击响声、钻杆跳动、卡钻甚至钻杆卡死等现象。由于钻孔过程中孔壁周围煤体突然破裂，挤入孔内，伴有冲击响声，并造成钻杆跳动。严重时能造成钻杆卡住，甚至把钻杆卡死。钻杆卡持是钻孔周围煤体应力高度集中或突然变化的标志。因此把钻杆被卡死作为鉴别冲击危险的一个指标。但是必须注意，钻杆被卡死除与煤体压力有关外，还受施工钻具、施工方法和施工经验的影响，因此要由专职人员采取正确的施工方法和凭借经验确认和鉴别冲击危险。其他动力效应，如推进力变化、纯钻进时间变化、钻孔冲击等，也可作为鉴别冲击危险的参考指标。对于东滩煤矿的具体情况，如果出现以上所述的动力效应，应认为存在冲击危险，应该在邻近处另打检测孔，或结合其他检测方法综合判定。

### 4钻屑法检测的实施

根据东滩煤矿冲击显现的特点，确定潜在有冲击危险的区域。对43上04（北）工作面通过经验类比法及支承压力叠加应力计算，确定该工作面有冲击危险的重点区域为：第一段从工作面开切眼开始到4303和4305—1工作面停采线的230 m；第二段为临近43上04—1停采线时的90 m范围内。对确定了潜在有冲击危险的地段，用钻屑法进行重点检测。用功率为1.2 kW的手持煤电钻打测试钻孔，采用螺纹式联接的麻花钻杆，每节长1.15 m，钻头直径为42 mm，钻孔的深度为8~10 m。用剪开的胶结袋收集钻出的煤粉，用容器称量煤粉的体积，每钻进1 m测量1次钻屑量。用专用表格记录打眼地点、时间、钻屑排出量，以及打眼过程中出现的钻杆跳动、卡钻、劈裂声和微冲击等动力现象。

#### 4.1估测支承压力

由于钻屑法能够估测煤岩体应力的分布，因而能够用于估测采掘工作面的支承压力的大小和分布规律。支承压力的峰值大小、峰值位置至煤壁的距离以及支承压力显著作用范围是支承压力的主要特征参数。如前所述，钻屑量的多少与煤体压力有关，实测钻屑量的分布曲线反映了支承压力带的特征。

#### 4.2鉴别冲击危险

防治冲击地压危害的基本原则是及时检测冲击危险及其危险程度。只有鉴别出有冲击危险，才能采取相应的解危措施，并尽早实施解危措施，以防在实施过程中发生冲击地压。显然，采取措施的前提是要判定冲击危险确实存在。只要在相当的检测深度上出现冲击危险指标规定的数值，则被认为具有冲击危险，应采取解危措施。但是，用钻屑法鉴别冲击危险是带有经验性

的，而且不能依据个别钻孔提供的数据，应通过多个钻孔的测试结果，鉴别冲击危险的变化，所以需要施工较多的钻孔，根据这些钻孔提供的数据综合判定冲击危险程度。

2001年12月9、10、11日在43上04(北)工作面轨顺内帮用钻屑法检测煤粉量呈增大的趋势。钻孔为3~4 m深时，每米钻粉量已达到4.0 L的临界值；钻孔5~7 m深时，每米钻粉量达到了5 L，已接近所规定的煤粉量6 L/m的临界值。

#### 4.3 检查解危措施的效果

经检测确认有发生冲击地压危险的区段，必须采取解危措施。实施解危措施后，还必须检查解危效果。目前评价卸载效果主要依据卸载后的直接效应，如钻屑量的变化、声响效应等。卸压钻孔、卸压爆破和高压注水等卸载措施实施后，还应进行卸载效果的检查。在检测出具有冲击危险后进行了卸压爆破，之后对卸压效果进行了检测，钻屑法检测结果表明卸压效果明显。

可以看出卸压后钻孔煤粉量明显下降，峰值钻粉量下降了20%，钻屑量分布也更为均匀，说明在煤帮7 m范围应力分布趋于稳定，已没有冲击危险。

#### 5 几点认识

① 钻屑检测法直接，操作方便，便于现场施工人员掌握。但工作量大，占用人员多，进度慢，对正常的其他生产活动影响较大。

② 钻屑检测法检测时不能简单以1个孔的指标超标就确定为该区为危险区域，危险区域应有一个连续的长度。

③ 钻屑检测法检测煤粉指标并不很高，但在钻进过程中有冲击、煤炮、卡钻杆等情况可以判定为有冲击危险。

④ 检测出有冲击危险倾向的区域，要尽快采取解危措施，防止冲击危险程度积聚，发生冲击地压事故。

第一作者简介冯恩杰(1951—)，男，山东济宁人，1977年8月毕业于山东矿业学院建井工程系，现任东滩煤矿副矿长、总工程师，毕业以来一直从事煤炭生产的技术工作，国内学术期刊发表论文多篇。

[版权声明](#) [商铺介绍](#) [理事会章程](#) [广告招商](#) [CCTE网站联盟](#) [友情链接](#) [帮助中心](#)

主办单位：煤矿与煤炭城市发展工作委员会

协办单位：北京嘉诚禾力广告有限公司

联系地址：北京市海淀区恩济庄18号院4号楼 邮政编码：100036

电话：010-88124838 88127046 传真：010-88127046

E-mail: master@mtsbxxn.com mtsbxxn@163.com

网站备案号：京ICP备05035317号

