

* 1

基于渗流解析理论的 采煤工作面陷落柱危险性评判分析

张军飞

(山西新元煤炭有限责任公司,山西 晋中 045400)

摘要:煤矿陷落柱危险性评判是进行矿山安全生产的重要技术支撑,通过运用渗透解析理论对煤矿陷落柱突水危险性系数的解析计算方法进行了分析,确定了运用渗透理论进行相关陷落柱危险性评判参数的计算方法。运用此方法进行了工程实践,定量确定了陷落柱危险性评判参数,并结合煤矿防治水规范进行了陷落柱危险性的确定,为陷落柱危险性评判提供了解析计算的方法和思路。

关键词:渗流;陷落柱;评判

中图分类号:TD32

文献标识码:A

Risk Assessment and Analysis of Collapse Column in Coal Momong Face Based on Percolation Analysis Theory

ZHANG Junfei

(Shanxi Xinyuan Coal Co., Ltd., Shanxi, Jinzhong 045400)

Abstract: Coal mine collapse column risk evaluation is an important technical support for the safe production of coal mine, by using the calculation method of analysis of permeability of Coal Mine Subsided column water inrush coefficient analysis and theoretical analysis, the use of percolation theory calculation method of collapse column risk evaluation parameters. The use of this method to the engineering practice, the quantitative determination of subsided column risk evaluation parameters, and combined with mine water prevention and control standard of determining the risk of collapse column, provided a method for the analytical calculation of collapse column risk evaluation.

Key words: seepage; collapse column; evaluation

根据对陷落柱突水进行相似模拟和数值模拟的相关研究成果可知,对于陷落柱突水的分析模型,其基本组成存在一定的规律,按照其区域内岩体破坏程度可以分为:一是陷落柱柱体周边破坏区;二是陷落柱周边渗透区域;三是工作面采动形成的破坏区域^[1]。巷道掘进或者工作面的回采工作会对采场围岩有一定的破坏,这种破坏有一定的区域,如果当该

区域扩展到陷落柱的有效渗透范围时,那么就会形成良好的过水通道,此区域是陷落柱突水的危险区域,在此区域进行开采和掘进是危险的。当采动破坏区域远离陷落柱渗透区域时,开采活动是安全的。在陷落柱突水危险中,其中采动导致的破坏。

因此本文运用渗透解析理论对煤矿陷落柱突水危险性系数进行分析和评判具有重要意义。

* 收稿日期:2018-01-23

作者简介:张军飞(1986-),男,山西吕梁人,大学本科,从事煤矿安全工作。

1 煤矿陷落柱突水渗透解析理论分析

为了求解陷落柱周边渗透区域范围,可以借鉴均质土石坝的成熟理论和均质土石坝渗流进行计算模型,对于渗流进行计算和分析,其计算过程以及复杂程度是不一样的,通常斜面入流的渗流分析是比较复杂的^[2]。而通过相关研究成果表明,使用虚拟适宜位置的垂直面代替上游坝坡斜面进行渗流分析,最后的计算结果和实际情况变化是不大的。所以在实际计算分析过程中,为了方便计算分析常以虚拟等效的矩形代替上游坝体三角形。虚拟矩形宽度按式(1)计算:

$$\Delta L = \frac{m_1 H_1}{2m_1 + 1} \quad (1)$$

式中: m_1 为上游坡度系数平均值; H_1 为上游水深,m。

如果上游坡度系数平均值,其计算模型中的参数坡角度值比较大,并且其角度接近直角时,将与陷落柱的形态更为相似。无排水设施均质渗流分析的思路是以渗流逸出点为界把坝体分为上、下游两部分,分别列出各部分的流量表达式,并根据流量连续性原理,求出相应的未知量(q, a)。由达西定律的有关计算方法,通过浸润线以下所有单位垂直剖面的渗流量 q 为:

$$q = -K_y \frac{dy}{dx} \quad (2)$$

对公式(2)进行积分处理可得:

$$y^2 = H_1^2 - \frac{2q}{K}x \quad (3)$$

同理,积分区间从 EO 断面至逸出点 CC 断面可得:

$$q = K \frac{H_1^2 - (a_0 + H_2)^2}{2L'} \quad (4)$$

将公式(4)代入(3)变形得到:

$$x = \frac{K}{2q}(H_1^2 - y^2) \quad (5)$$

2 柱体周边围岩塑性破坏区及采动时宽度计算分析

运用弹塑性力学的理论可以对其周边破坏塑性区进行计算确定,但是在计算过程中需要对其基本条件进行假设,对于塑性破坏区域的计算可以按照巷道围岩稳定性分析中关于塑性区域的计算进行。根据地应力的相关理论可知,陷落柱所在区域岩石应处于三向应力状态,可以利用巷道围岩稳定性控

制中的双剪强度理论确定陷落柱周边围岩塑性区,其公式为^[3]:

$$R_0 = a \left[\frac{2 + m - (2 + m) \sin \varphi}{3 + \sin \varphi} \cdot \frac{P}{P_1} \right]^{\frac{2+m-(2+m)\sin\varphi}{2[1-m+(3+m)\sin\varphi]}} \quad (6)$$

式中: m 为中间主应力系数, $\frac{2\sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_3}$; P_i 为原岩应力, MPa; P_i 为水压力 MPa; a 为陷落柱半径, m。

工作面开采时,在工作面周边形成塑性破坏区,包括前方和底板两部分破坏区。比较采场前方破坏宽度和底板破坏深度,为保证开采更加安全,取较大值作为采动时围岩的破坏深度。采场前方煤体的破坏宽度按照极限平衡方程^[3]:

$$m(\sigma_x + d\sigma_x) - m\sigma_x - 2\sigma_y f dx = 0 \quad (7)$$

采空区塑性破坏区计算:

$$L_1 = \frac{M}{2f} (\ln \sigma_y - \ln N_0) \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \quad (8)$$

式中: f 为层面间的摩擦因数; M 为采高, m; φ 为内摩擦角, °; N_0 为煤帮的抗压强度, MPa; σ_r 为支撑压力, MPa。

煤层底板破坏深度计算模型^[3]:

$$\begin{cases} L = \frac{m}{2K \tan \varphi} \ln \frac{n\gamma H + C_m \cot \varphi}{KC_m \cot \varphi} \\ D_{max} = \frac{L \cdot \cos \varphi_0}{2 \cos(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2})} e^{(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2}) \tan \varphi_0} \end{cases} \quad (9)$$

由公式(9)式可知,浸润线的形式为抛物线,如果相关参数固定不变那么, x 和 y 之间存在一定的变化规律。

3 工程实践分析

3.1 陷落柱工程地质概况分析

某煤矿在辅运巷掘进过程中发现有一个异常构造区,通过采用井下物探、钻探、槽探、水化学分析等手段对其异常构造进行进一步验证后,确定其为典型的陷落柱构造。构造体为一个基本垂向发育的面积为 $33.8 \text{ m} \times 44.3 \text{ m}$ 的导水陷落柱,陷落柱的发育高度已进入 9# 煤层顶板以上 12 m,治理钻孔探查到的深度在 11# 煤层以下 5 m,陷落柱在这一段的空间形态为一个上小下大的垂直的构造体。陷落柱发育根部在 11# 煤以下 37 m 深的奥陶系灰岩地层,目前从已揭露的钻孔中稳定涌水量为 $16 \text{ m}^3/\text{h}$,另外其根部发育的具体位置和平面大小面积也尚不清楚,存在地质隐患,对煤层的开采推进工作会构成

一定的突水威胁,需要在治理工作中进一步探查。

影响主采煤层开采的石炭系含水层,主要发育有K2、K1两层砂岩,岩性为浅灰色—灰白色厚层砂岩,以中粒砂岩为主,各砂岩含水层赋存于两煤层底板和本溪组,属层间裂隙承压水。K2砂岩位于石炭系下统太原组底部,为开采煤层的间接充水含水层,厚度10 m左右,风化裂隙发育,富水性不均一,一般较弱。K1砂岩位于石炭系中统本溪组,是开采煤层的直接充水含水层,为砂岩裂隙承压水,岩性以中粗砂岩为主,厚度6 m左右,砂岩分布稳定,成份以石英、长石为主,分选磨圆中等,孔隙式或接触式胶结,经过多年煤矿开采砂岩水已经基本疏干,一般不会对煤层开采构成威胁,只有在构造破坏、采动裂隙及导水陷落柱沟通的情况下,间接发生水力联系,才会对煤层开采造成一定影响。下组煤底板充水水源主要来自奥灰水。奥灰含水层是矿区主要含水结构体,岩溶裂隙发育,含水层渗透性及传导性强,地下水补给、运移、贮存条件良好,富水性强。在有构造破坏、采动裂隙及导水陷落柱沟通的情况下,容易发生突水。奥灰最上层的马家沟组灰岩是下组煤开采的直接威胁含水层。在未来最下层11#煤的开采中,如果马家沟组频繁突水,其涌水构成矿井涌水量,此时马家沟组灰岩便是直接充水含水层,对煤层的开采构成直接影响。

3.2 陷落柱安全性评判计算分析

设陷落柱上部水头压力为4.5 MPa,换算成水柱高度为450 m;陷落柱发育高度近似为90 m,如果陷落柱为自由水面时,其公式中 $H_1=600$ m。如

果 $y=100$ m时,可以计算陷落柱其上部渗透危险的水平距离:

$$x = \frac{1.618 \times 10^{-7}}{2 \times 4.95 \times 10^{-4}} (600^2 - 100^2) = 57 \text{ m.}$$

按照其工作面现场地质条件, $a=30$ m; P 为内摩擦角,取 35° ; $P=12$ MPa; $P_1=5$ MPa; $m=4$ 。

$$R_0 = \left[\frac{3.94 - (2 + 1.94 \sin 35^\circ)}{3 + \sin 35^\circ} \times \frac{12}{5} \right]^{\frac{3.94 - 3.94 \sin 35^\circ}{2(-0.94 + 3.94 \sin 35^\circ)}} = 32.25 \text{ m.}$$

陷落柱所在区域周边塑性区 $32.25 \text{ m} - 30 \text{ m} = 2.25 \text{ m}$ 。

按照现场地质条件,各参数取值如下: $N_0=8.78$ MPa; M 保守取4 m,如果 $K=5$,则可以计算工作面煤体的破坏宽度 $L=1.92$ m。通过上述计算公式计算可以确定其底板破坏宽度为11.78 m。通过计算分析结果以及对照煤矿相关防治水规范可知此陷落柱有突水的危险性,需要进行相应的防治水措施进行处理。

4 结束语

通过对土石坝渗流计算模型的理论分析,对煤矿陷落柱突水危险性评判参数——上部渗透危险的水平距离,陷落柱其所在区域周边塑性区,工作面煤体的破坏宽度,底板破坏宽度进行了理论分析与计算。并运用此计算方法,对工程实践中的陷落柱进行了危险性评判,计算出其危险性评判参数的具体数值,结合煤矿防治水规范,确定了其具有突水危险性的安全评判结果。

参考文献:

- [1] 白喜庆,白海波,沈智慧.新驿煤田奥灰顶部相对隔水性及底板突水危险性评价[J].岩石力学与工程学报,2009,28(2):273-280.
BAI Xiqing,BAI Haibo,SHEN Zhihui. Relative Strata Impermeability in Ordovician Top and Risk Assessment of Water Inrush From Coal Floor in Xinyi Coalfield[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering,2009,28(2):273-280.
- [2] 赵阳升,胡耀青,杨栋,等.底板岩石水力特性原位测试研究[J].工程地质学报,1999,7(4):315-320.
- [3] 高延法.底板突水规律与突水优势面[M].徐州:中国矿业大学出版社.

(编辑:刘新光)