

文章编号:1673-9469(2011)03-0068-03

## 突水系数法在煤矿深部开采中的应用

李本军<sup>1</sup>, 刘海新<sup>2</sup>, 刘晓威<sup>1</sup>

(1. 中国煤炭地质总局水文地质局, 河北 邯郸 056004; 2. 河北工程大学 资源学院, 河北 邯郸 056038)

**摘要:**结合目前的采煤实践,设想了突水系数公式的发展趋势。通过磁西一号井田实例,证实了突水系数法在预测开采深部煤层突水危险性评价中的局限性。表明在深部煤层突水危险性评价应用时,其它方法作为突水系数法的补充,可为含水层富水性较弱而突水系数较大的深部开采底板突水安全评价提供参考依据。

**关键词:**突水系数法;发展趋势;应用

**中图分类号:**TD823.25+4

**文献标识码:**A

## Application of water inrush coefficients in deep mining

LI Ben-jun<sup>1</sup>, LIU Hai-xin<sup>2</sup>, LIU Xiao-wei<sup>1</sup>

(1. Hydrogeological Exploration Bureau of China National Administration of Coal Geology, Hebei Handan 056004, China;

2. Collge of Resource, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

**Abstract:** The development tendency of formula of the method of water inrush coefficients was pointed out by combining with the current practice of mining. Taking well field of CIXI for example, the limitation of water inrush coefficients for evaluating risk of floor water inrush in deep mining was proved. Other methods can be a supplement for evaluating water inrush coefficients for evaluating risk of floor water inrush in deep mining. The achieved results can be provided for evaluating water inrush risk of floor in deep mining of some mining areas, in which the water-enriched properties of aquifer are not obvious but water inrush coefficient is larger.

**Key words:** method of water inrush coefficients; development tendency; application

我国煤矿床水文地质条件复杂,特别是岩溶水经常突入矿坑危害生产安全,华北型煤田下组煤(太原组煤)开采,普遍受到煤系地层基底奥灰承压含水层的威胁<sup>[1]</sup>。我国相关领域的专家和学者对底板突水问题进行了大量的研究,武强等<sup>[2-4]</sup>提出了主控指标体系建设方法、脆弱性指数法以及GIS与ANN耦合技术等新型实用方法;李丽和程久龙<sup>[5]</sup>应用信息融合进行了底板突水预测;尹会永等<sup>[6]</sup>用多源信息复合的方法评价底板突水。开采实践验证,在一般水压下(小于3 MPa),用突水系数来评价开采的安全性,基本符合实际。随着开采深度的增加,奥灰水压逐渐增高,底板岩层在高围压卸荷产生底板破坏带,加之奥灰水导升带高度,由水压除以相对隔水层厚度得到的突

水系数已大于规范、规程中所规定的上限值。在某些井田,下组煤埋深可达1 200 m,奥灰水水压达8.68-14.46 MPa,为底板超高承压水,突水系数达0.11-0.15 MPa/m,最小值亦超过规范安全开采突水系数上限,突水系数法评价开采危险性已经不能完全适用于深部开采。

### 1 规范规定的突水系数公式

由国家技术监督局发布,1991年10月1日起施行的《矿区水文地质工程地质勘探规范》(GB12719-91)规定的计算公式为公式(1)<sup>[7]</sup>。对临界突水系数作如下规定:就全国实际资料看,底板受构造破坏块段突水系数一般不大于0.06

MPa/m,正常块段不大于0.15 MPa/m。

$$T = \frac{p}{M - C_p} \quad (1)$$

式中  $T$ —突水系数,MPa/m; $p$ —隔水层承受的水压,MPa; $M$ —底板隔水层厚度,m; $C_p$ —采矿对底板隔水层的扰动破坏厚度,m。

由国家安全生产监督管理总局发布,2009年12月1日起施行的《煤矿防治水规定》规定的计算公式为公式(2)<sup>[8]</sup>。对临界突水系数作如下规定:就全国实际资料看,底板受构造破坏块段突水系数一般不大于0.06 MPa/m,正常块段不大于0.1 MPa/m。

$$T = \frac{p}{M} \quad (2)$$

式中  $T$ —突水系数,MPa/m; $p$ —底板隔水层承受的水头压力,MPa; $M$ —底板隔水层厚度,m。

## 2 突水系数公式应用设想

### 2.1 无承压水导升带和无相对隔水层

$$T_s = \frac{p}{M - C_p} \quad (3)$$

各参数意义同公式(1)。

采矿对底板隔水层的扰动破坏厚度( $C_p$ )计算可参考公式(4)<sup>[9]</sup>和公式(5)计算。

$$C_p = 0.5L^{0.7} \quad (4)$$

式中  $C_p$ —采矿对底板隔水层的扰动破坏厚度,m。 $L$ —工作面斜长,m。

公式(4)为经过有关资料推导得到。

$$C_p = 1.86 + 0.11L \quad (5)$$

各参数意义同公式(4)。

公式(5)为山东矿业学院特殊开采所根据全国11个采面的测试成果,总结出底板破坏深度与采面斜长关系的经验公式。

### 2.2 存在承压水导升带

$$T = \frac{p}{M - (C_p + h_1)} \quad (6)$$

式中  $h_1$ —承压水导升高度,m。

承压水导升高度( $h_1$ )用物探和钻探方法确定,一般可在井下巷道中用电法探测,必要时用钻探验证。当井下物探与钻探条件受限制时,也可以通过已往钻孔资料分析确定。

### 2.3 奥灰顶部存在相对隔水层

$$T_s = \frac{p}{M - C_p + h_2} \quad (7)$$

式中  $h_2$ —相对隔水段厚度,m。

奥灰顶部相对隔水段厚度( $h_2$ )的探测方法主要是水文地质钻探法和水文地质物探法。

### 2.4 公式设想

考虑到底板破坏深度、导升高度和奥灰含水层顶部风化壳作为相对隔水层时,突水系数的三个计算公式可以统一表示为

$$T = \frac{p}{N} \quad (8)$$

式中  $T$ —突水系数,MPa/m; $p$ —保护层地面承受的水头压力,MPa; $N$ —保护层厚度,m。

## 3 突水系数法的局限性

磁西一号煤矿为冀中能源峰峰集团接替矿井,属于拟建矿井,设计规模180万吨/年,设计开采水平为-1 010 m、-1 150 m和-1 400 m三个水平,主要可采煤层为2\*煤和4\*煤,2\*煤采深1 054-1 516 m。煤层开采受奥灰水威胁大<sup>[10-11]</sup>。

根据《煤矿防治水规定》,计算的2\*煤和4\*煤安全开采标高见表1。

表1 安全开采标高计算表

Tab.1 Calculation results of Safety mining elevation

煤层 编号	隔水层 厚度/m	突水系数 MPa·m <sup>-1</sup>	安全水 头压力/MPa	奥陶系 灰岩水位 /m	安全开采 标高/m
2	144.64	0.06	8.68	107.00	-616.22
2	144.64	0.10	14.46	107.00	-1 194.79
4	103.40	0.06	6.20	107.00	-410.00
4	103.40	0.10	10.34	107.00	-823.59

2\*煤取奥灰水位标高+107 m,隔水层厚度144.64 m,突水系数为0.078-0.11 MPa/m;4\*煤取奥灰水位标高+107 m,隔水层厚度103.4 m,突水系数为0.11-0.15 MPa/m<sup>[12]</sup>。本井田4\*煤全部处于突水危险区域,2\*煤部分正常地段处于安全区域,大部分地段处于突水危险区域。由表1可见,如果按照突水系数0.1 MPa/m计算,则2号煤层安全开采深度为-1 195 m以上。因此,如果考虑构造影响,取突水系数0.06 MPa/m,本井田可采煤层均不能安全开采。

## 4 阻水系数的初步探讨

由以上分析可知,磁西一号井田大部分范围

都处于突水危险范围。根据《建筑物、水体、铁路及主要井巷留设与压煤开采规程》(附录六)<sup>[12]</sup>,对于煤层底板含水层,允许按照不允许底板采动导水破坏带波及水体或与承压水导升带沟通的原则留设防水煤岩柱厚度。即:设计的底板防水安全煤柱厚度( $h_a$ )应大于或等于导水破坏带( $h_1$ )和阻水带厚度( $h_2$ )之和。以下为设计提出的煤柱留设方案:

$$h_a \geq h_1 + h_2$$
$$h_1 = 0.700\,7 + 0.107\,9L$$

式中  $L$ —壁式工作面斜长,取 200 m。

计算得  $h_1 = 22.28$  m,取 23 m。

$$h_2 = P/Z$$

式中  $P$ —作用在底板上的水压力,取 15 MPa;  $Z$ —

阻水系数,取 0.2 MPa/m<sup>[11]</sup>。

计算得  $h_2 = 75$  m,则  $h_a = 23 + 75 = 98$  m,取 100 m。

揭露奥陶系钻孔处各煤层安全煤岩柱厚度见表 2,各水平开采煤层安全煤岩柱厚度见表 3。

表 2 钻孔处安全煤岩柱厚度计算表

Tab.2 Calculation results of safety coal - rock pillar thickness for hole

钻孔 编号	奥灰岩 深度/m	钻孔水位 埋深/m	水柱高 度/m	水头压 力/MPa	安全煤 柱/m
34-1	1 315	90.36	1 225	13	88
40-1	1 145	70.95	1 084	11	80
45-1	1 294	12.30	1 282	13	88

表 3 各水平开采煤层安全煤岩柱厚度计算表

Tab.3 Calculation results of safety coal - rock pillar thickness for each level coal mining

水平标高/m	奥灰岩标高/m	水位标高/m	水柱高度/m	水头压力/MPa	安全煤柱/m
-1 000	-1 100	+106.82	1 206.82	12	83
-1 100	-1 200	+106.82	1 306.82	13	88
-1 200	-1 300	+106.82	1 406.82	14	93
-1 300	-1 400	+106.82	1 506.82	15	98
-1 333.18	-1 433.18	+106.82	1 540.00	15.4	100
-1 400	-1 500+106.82	1 606.82	16	103	

本矿井 2<sup>#</sup> 煤层距离奥陶系含水层约 144.6 m,4<sup>#</sup> 煤层距离奥陶系含水层约 103.4 m,由表 3 知,开采深度为 1 500 m 时,2<sup>#</sup> 煤层底板安全防水煤岩柱厚度需要 103 m 以上,小于 144.6 m,因此 2<sup>#</sup> 煤层可以安全开采;而 4<sup>#</sup> 煤层开采标高在 -1 300 m 时,4<sup>#</sup> 煤层底板安全防水煤岩柱厚度需要 98 m,小于 103.4 m,因此 4<sup>#</sup> 煤层可以安全开采;开采标高低于 -1 400 m 时,4<sup>#</sup> 煤层底板安全防水煤岩柱厚度需要 103 m,接近 103.4 m,因此 4<sup>#</sup> 煤层开采水平低于 -1 400 m,必须采取疏降或底板加固措施后才能开采。

由此可见,在底板承压水头标高一定的情况下,2<sup>#</sup>、4<sup>#</sup> 煤层的安全开采深度,取决于底板隔水层的阻水能力,即阻水系数的大小,因此,在 -1 150 m 以浅区域,采用加固底板提高底板隔水层的阻水能力的方法进行 2<sup>#</sup>、4<sup>#</sup> 煤层的开采是可以试验开采的。

5 结束语

现行规程、规范中所规定的  $T_s$  值是否适应深部煤层突水危险性评价仍值得专家学者的继续研究。矿区的突水危险性评价应采用多种方法,互相验证。

参考文献:

[1] 乔伟,李文平,赵成喜. 煤矿底板突水评价突水系数-单位涌水量法[J]. 岩石力学与工程学报,2009,28(12):2 466-2 467.  
[2] 武强,张志龙,马积福. 煤层底板突水评价的新型实用方法 I-主控指标体系的建设[J]. 煤炭学报,2007,32(1):42-47.  
[3] 武强,张志龙,张生元. 煤层底板突水评价的新型实用方法 II-脆弱性指数法[J]. 煤炭学报,2007,32(11):1 121-1 126.

位的二进制数,随机取其两个个体  $A$  和  $B$ ,交叉点为第 4 位遗传因子,交叉操作后的  $A$  和  $B$  个体分别为  $A'$  和  $B'$ ,表示为

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A' = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

变异操作就是改变个体上某个位置的数码,对于编码为二进制的个体,就是把相应位的 0 变为 1,1 变为 0,如把上面的个体  $A$ ,从第五位开如进行变异操作,得到  $A''$ 。

$$A'' = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

变异操作主是防止有用解的丢失,确保对空间中重要点的遍历,使算法的全局收敛性增强。

### 3.5 算法参数

遗传算法在实际应用研究中,为了更好地获得最优解,需要提前设定遗传算法的控制参数<sup>[5-6]</sup>,包括主要参数和次要参数的设定。主要参

数有算法的群体大小和执行算法的代数,次要参数是遗传操作的三种算法所对应的概率,分别是:复制概率、交叉概率和变异概率。

## 4 结束语

在遗传算法中其基本操作的要素是至关重要的,对于问题的描述要设置一定的编码形式给出,形成染色体,以便后面的遗传操作。对于问题的适应力处理要确定相应的适应函数,为个体的选择和优化提供依据。

### 参考文献:

- [1] 蔡自兴.人工智能及其应用[M].北京:清华大学出版社,2004.
- [2] 颜富强.遗传算法在数据挖掘中的应用研究[D].长沙:湖南大学,2008.
- [3] 吴晓虹.遗传算法在数据挖掘中的应用[D].桂林:桂林工学院,2008.
- [4] 李文科.基于遗传算法的数据挖掘技术的研究[D].南京:中南大学,2009.
- [5] 盛文峰.数据挖掘的遗传算法的研究与应用[D].上海:上海交通大学,2007.
- [6] 赵建峰.数据挖掘中一种基于遗传算法改进的 ID3 算法[D].武汉:武汉科技大学,2008.

(责任编辑 刘存英)

(上接第 70 页)

- [4] 武强,庞炜,戴迎春.煤层底板突水脆弱性评价的 GIS 与 ANN 耦合技术[J].煤炭学报,2006,31(3):314-319.
- [5] 李丽,程久龙.基于信息融合的矿井底板突水预测[J].煤炭学报,2006,31(5):623-626.
- [6] 尹会永,魏久传,刘同彬.基于多源信息复合的煤层底板突水评价[J].山东科技大学学报:自然科学版,2008,27(2):6-9.
- [7] GB12719-91,矿区水文地质工程地质勘探规范[S].
- [8] 国家安全生产监督管理总局,国家煤矿安全监察.煤矿防治水规定[M].北京:煤炭工业出版社,2009.

- [9] 尹万才,尹增德,施龙青.矿井突水原因及其防治[J].焦作工学院学报,1999,18(1):19-20.
- [10] 高延法,章延平,张慧敏,等.底板突水危险性评价专家系统及应用研究[J].岩石力学与工程学报,2009,28(2):254-255.
- [11] 中煤邯郸设计工程有限责任公司.冀中能源峰峰集团磁西一号矿井可行性研究报告[R].2010.
- [12] 国家煤炭工业局.建筑物、水体、铁路及主要井巷留设与压煤开采规程[M].北京:煤炭工业出版社,2000.

(责任编辑 刘存英)