

文章编号:1671-251X(2016)10-0082-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.10.019
刘亚兵.回采工作面瓦斯安全形势动态判别方法[J].工矿自动化,2016,42(10):82-85.

回采工作面瓦斯安全形势动态判别方法

刘亚兵

(阳泉煤业(集团)股份有限公司,山西 阳泉 045000)

摘要:从瓦斯抽采和井下通风这2种主要的瓦斯排放形式入手,结合邻近层瓦斯涌出、巷道煤壁瓦斯涌出和落煤等导致的涌出这3种主要的回采工作面瓦斯来源,提出了6种多元化的工作面瓦斯安全形势判别指标及基于BP神经网络的回采工作面瓦斯安全形势动态判别方法。Matlab验证结果表明,该方法判别工作面瓦斯安全形势的相对变化时会按照各指标寻求最优化排序,在给定判定指标的基础上,对瓦斯安全形势的相对变化判定准确,但绝对判定结果需要结合各分指标值来具体判断。

关键词:回采工作面;瓦斯安全形势;动态判别;评价指标

中图分类号:TD712 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

Dynamic discrimination method of gas security situation of stope face

LIU Yabing

(Yangquan Coal Industry(Group) Co., Ltd., Yangquan 045000, China)

Abstract: Dynamic discrimination method of gas security situation of stope face and six kinds of diversified evaluation indexes were proposed started from two major gas discharge forms of gas drainage and underground ventilation, and combining three major methane sources of adjacent layers gas emission, coal tunnel wall gas emission, and gas emission caused by coal drop. Dynamic discrimination method of gas security situation of stope face based on BP neural network was put forward too. Matlab validation results show that the method will follow the index to find the most optimized sequence when it discriminates relative changes of gas security situation of stope face, on the basis of given indicators, the method can accurately discriminates relative changes of gas security situation, but absolute discrimination results need to be judged specifically combined with sub-index values.

Key words: stope face; gas security situation; dynamic discrimination; evaluation index

0 引言

在中国国有重点煤矿中,高瓦斯矿井和煤与瓦斯突出矿井的数量占49.8%,占煤炭总产量的42%,因此,消除和预防瓦斯事故是中国煤炭行业现在及未来需要研究和解决的重大问题之一^[1]。回采工作面是煤矿生产中重要的组成部分,环境危险、恶劣的回采工作面又属于煤矿的事故高发区域^[2],对回采工作面瓦斯安全方面的研究尤为重要。回采工

作面瓦斯安全状态是一种复杂的动态过程,瓦斯安全形势是由瓦斯抽放状态、工作面瓦斯涌出状态、煤体瓦斯特征参数及通风系统的可靠性等因素共同决定的,且各因素之间呈现出非线性的状态^[3],用纯数学的线性方法很难分析清楚^[4],传统的数学方法如线性规划方法等都不能很客观地解决工作面瓦斯安全形势动态判别问题。基于以上原因,本文提出了利用BP神经网络来动态判别回采工作面的瓦斯安全形势的方法。

收稿日期:2016-05-03;修回日期:2016-08-30;责任编辑:胡娴。

作者简介:刘亚兵(1973—),男,山西祁县人,现从事煤矿机电管理工作,E-mail:290505433@qq.com。

1 工作面瓦斯安全形势影响因素及判定指标

回采工作面的瓦斯排放主要有 2 种方式:一种是通过管道瓦斯抽放系统将瓦斯直接从煤体抽至地面,再加以利用或者直接排放;另一种是利用通风系统将从工作面煤体及其他地方涌入工作面巷道的瓦斯和工作面风流混合,通过通风系统回风段将混合风流排出。回采工作面的瓦斯管理既要考虑瓦斯排放形式,也要紧密结合区域的瓦斯来源。回采工作面的瓦斯来源主要有 3 个,分别是邻近层瓦斯涌出、巷道煤壁瓦斯涌出、生产过程中落煤及其他导致瓦斯突然释放的涌出^[5]。结合以上特点,对多元化的工作面瓦斯安全形势进行判别需要考虑以下因素:

- (1) 绝对瓦斯涌出量:工作面各种瓦斯来源的直接标量参数,表征瓦斯涌出及工作面通风的重要指标。
 - (2) 相对瓦斯涌出量:吨煤瓦斯涌出量参数,工作面区域相对瓦斯涌出及煤体瓦斯含量指标。
 - (3) 工作面瓦斯浓度均值:临近层、采空区、落煤等导致瓦斯涌出的重要指标。
 - (4) 回风瓦斯浓度均值:巷道煤壁瓦斯涌出的重要指标。
 - (5) 工作面瓦斯抽采纯量:煤体瓦斯抽放指标。
 - (6) 煤体瓦斯防突参数值:煤体瓦斯解析、放散等防突监测参数指标。
- 对以上 6 种影响因素分别进行定量分析,

第 1—5 类参数通过安全监测系统的实时数据自动获取,第 6 类参数通过工作面煤体人工检测数据获得。在不同的生产矿井,这些参数可不同,但应能体现煤体瓦斯参数特征。设 6 类指标的计算或统计周期为 24 h,具体指标值见表 1。其中 V_h 为回风巷风速, S_d 为风速测量点断面面积, t 为工作面日采煤量, C_c 为抽放瓦斯浓度, K_1 , S_{max} 为防突监测参数。

表 1 工作面瓦斯安全判别指标

瓦斯安全判别指标	指标值
工作面绝对瓦斯涌出量 Q_a	$C_g V_h S_d$
工作面相对瓦斯涌出量 Q_x	$C_g V_h S_d / t$
工作面瓦斯浓度均值 C_g	工作面瓦斯日均浓度值
回风瓦斯浓度均值 C_h	工作面回风瓦斯日均浓度值
工作面瓦斯抽采纯量 Q_c	$Q_c C_c$
煤体瓦斯防突参数值 M	K_1 或 S_{max}

针对以上 6 种瓦斯安全判别指标,分别设置 4 种评判等级,即安全、警示、威胁和危险。对于瓦斯涌出量、瓦斯浓度和煤体瓦斯防突参数值等指标,按照国家高瓦斯矿井规定及安全监测的标准,结合 80% 和 60% 两个等级进行划分。工作面瓦斯抽采纯量需结合抽采设计来评价,用实际抽采纯量和设计抽采纯量的比值来衡量瓦斯抽采效果,当实际抽采纯量与设计抽采纯量大于或等于 1 时为安全状态,依次按照 80% 和 60% 来分级,各指标具体分级见表 2。

表 2 各指标评价标准

评价 指标	$Q_a /$ ($m^3 \cdot min^{-1}$)	$Q_x /$ ($m^3 \cdot t^{-1}$)	$C_g / \%$	$C_h / \%$	Q_c	$K_1 /$ ($ml \cdot g^{-1} \cdot min^{-1/2}$)	$S_{max} /$ ($kg \cdot m^{-1}$)
安全	<3.00	<6.00	<0.60	<0.60	>1	<0.30	<3.60
警示	3.00~4.00	6.00~8.00	0.60~0.80	0.60~0.80	0.8~1	0.30~0.40	3.60~4.80
威胁	4.00~5.00	8.00~10.00	0.80~1.00	0.80~1.00	0.6~0.8	0.40~0.50	4.80~6.00
危险	>5.00	>10.00	>1.00	>1.00	<0.6	>0.50	>6.00

2 BP 神经网络判别方法

BP 网络是典型的多层网络,包括输入层节点、输出层节点及一层或多层隐含节点^[6]。假设取得 P 个样本 $\{y(t), x(t); t=1, 2, \cdots, P\}$, 其中 y 是 n 维向量, x 是 m 维向量,当第 t 个样本 $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \cdots, x_m(t))$ 的数据输入网络时,相应的输出记为 $f(t) = (f_1(t), f_2(t), \cdots, f_m(t))$ 。误差反向传播的 BP 神经网络算法是一种多层前馈网络所使用的监控式学习算法,采用梯度搜索技术,以期使网

络的实际输出与期望输出值的误差均方值为最小^[7]。对于第 P 个样本,在其作用下隐含层和输出层的输出分别为 o_i 和 o_k ,对于每一样本的输入模式,对应期望输出为 t_k 的二次型误差函数为^[8]

$$J = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^P (t_k - o_k)^2$$

(1)

输出层的加权系数 ω_{ki} 的调整规则为

$$\omega_{ki}(k+1) = \omega_{ki}(k) + \eta \delta_k o_i$$

(2)

式中: η 为学习率; $\delta_k = (t_k - o_k) o_k (1 - o_k)$; $1 \leq i \leq P$ 。

隐含层的加权系数 ω_{ij} 的调整规则为

$$\omega_{ij}(k+1) = \omega_{ij}(k) + \eta \delta_i o_j \tag{3}$$

式中： $\delta_i = -\frac{\partial J}{\partial o_i} \times o_i(1 - o_i)$ ； $1 \leq j \leq P_0$ 。

结合工作面瓦斯安全动态判定指标,BP 算法实现步骤如下：

(1) 初始化网络及学习参数。将隐含层和输出层各节点的连接权值、神经元阈值赋予 $[-1,1]$ 区间的一个随机数。

(2) 提供训练模式。从训练模式集合中选出一个训练模式,将其输入模式和期望输出送入网络。

(3) 正向传播过程。对给定的输入模式,从第 1 隐含层开始,计算网络的输出模式,并把得到的输入模式与期望模式进行比较,若有误差,则执行第(4)步,否则,返回第(2)步,提供下一个训练模式。

(4) 反向传播过程。从输出层反向计算到第 1 隐含层 δ_k ,计算同一层单元的误差,按照式(3)修正连接权值和阈值,对阈值可按照连接权值的学习方式进行,只是需要把阈值设想为神经元的连接权值,并假定其输入信号总为单位值 1 即可。反复执行上述修正过程,直到满足期望的输出模式为止。

(5) 返回步骤(2),对训练模式集中的每个训练模式重复步骤(2)和步骤(3),直到训练模式集中的每个训练模式都满足期望输出为止。

3 基于 BP 神经网络的工作面瓦斯安全动态判别

按照表 2 中工作面瓦斯安全动态评价各指标的评价标准,利用贵州六盘水某矿 110102 回采工作面 2016 年 2 月 1 日—10 日连续 10 d 的指标值,对基于 BP 神经网络的工作面瓦斯安全动态判别方法进行了验证。对于表 2 中的 K_1 和 $S_{\max}$ 值,评价指标中选择一个即可,本文选择 $S_{\max}$ 值进行判别,10 d 的具体数据见表 3。

对于表 3 中所示数据,通过 Matlab 进行工作面瓦斯安全动态判别,基本步骤如下：① 原始数据预处理,使用premnmx()将数据规范化到 $[-1,1]$ 区

$$r = \begin{bmatrix} 0.000\ 0 & 0.841\ 9 & 0.000\ 0 & 1.000\ 0 & 0.000\ 0 \\ 0.999\ 3 & 0.002\ 9 & 0.006\ 3 & 0.000\ 0 & 0.956\ 1 \\ 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.152\ 1 & 0.000\ 5 & 0.000\ 0 \\ 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 \end{bmatrix}$$

判别为安全的日期是 2,4 日;判别为警示的日期是 1,5,9,10 日;判别为威胁的日期是 3,6,7 日;瓦斯安全形势最差的是 8 日,属于危险状态。8 日指标数据： Q_a : 4. 60 m^3/min ; Q_x : 6. 10 m^3/t ; C_g : 0. 8%; C_h : 0. 85%; Q_c : 0. 9; $S_{\max}$: 4. 00 kg/m 。各指

表 3 110102 工作面 10 d 的瓦斯安全评价原始数据

日期	$Q_a/$ ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	$Q_x/$ ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	$C_g/\%$	$C_h/\%$	Q_c	$S_{\max}/$ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$)
02-01	3. 10	6. 10	0. 40	0. 50	1. 00	3. 90
02-02	2. 80	6. 20	0. 45	0. 50	1. 00	3. 10
02-03	3. 50	5. 50	0. 40	0. 45	0. 90	3. 70
02-04	4. 20	5. 00	0. 40	0. 43	1. 00	3. 50
02-05	3. 20	5. 90	0. 50	0. 55	1. 00	3. 20
02-06	3. 6	5. 50	0. 50	0. 50	0. 90	3. 90
02-07	3. 90	6. 50	0. 45	0. 50	0. 90	4. 00
02-08	4. 60	6. 10	0. 80	0. 85	0. 90	4. 00
02-09	4. 15	6. 10	0. 40	0. 45	0. 95	3. 20
02-10	4. 10	6. 20	0. 45	0. 50	1. 00	3. 20

间。② 建立初始网络。③ 利用数据对网络进行训练。④ 对判别对象进行仿真识别： $[Y, P_f, A_f, E, \text{perf}] = \text{sim}(\text{net}, D, F, A, T)$,其中 Y 为网络输出; P_f 为输入向量最终延迟条件; A_f 为网络层最终延迟条件; E 为网络误差;perf 为网络性能;net 为使用的网络; D 为判别对象; F 为初始输入延迟条件,仅当输入有延迟时使用,默认为 0; A 为网络层初始延迟条件; T 为网络标靶。

Matlab 计算过程及参数设置如图 1 所示。

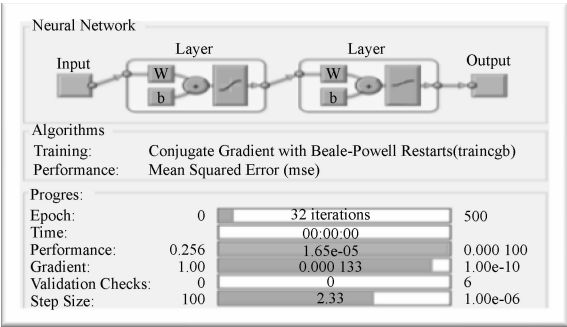


图 1 Matlab 计算过程及参数设置

110202 工作面 2016 年 2 月 2 日—10 日 10 d 的瓦斯安全形势分析判别结果为

标参数在 10 d 的统计周期内相对偏高,在统计周期内瓦斯安全形势属于最差,和分析结果一致。但和表 2 给定的危险指标上限比较,各指标值都未达到危险状态,该方法最终判别的结果却为危险状态。可看出基于 BP 神经网络算法判别工作面瓦斯安全

形势的相对变化时会按照各指标寻求最优化排序。

4 结语

从瓦斯抽采和井下通风 2 种主要的瓦斯排放形式入手,结合回采工作面 3 种主要的瓦斯来源,提出了 6 种多元化的工作面瓦斯安全形势判别指标。针对多元化判断指标,提出了利用 BP 神经网络来动态判别回采工作面瓦斯安全形势的方法。以贵州六盘水某矿 110102 回采工作面 2016 年 2 月 1 日—10 日连续 10 d 的指标值为实验数据,依托 Matlab 平台,对基于 BP 神经网络的回采工作面瓦斯安全动态判别方法进行了验证。结果表明,基于 BP 神经网络算法判别工作面瓦斯安全形势的相对变化时会按照各指标寻求最优化排序,在给定判定指标的基础上,该方法对瓦斯安全形势的相对变化判定准确,但给出的绝对判定结果虽有参考意义,却不能完全采信,应该结合各指标值来具体判断。

参考文献:

[1] 屈世甲. 矿井通风基础数据获取及网络图优化方法的

研究[D]. 西安:西安科技大学, 2010.

[2] 屈世甲. 矿井掘进巷道生产工序自动识别方法的探索[J]. 煤矿安全, 2015, 46(4): 206-209.

[3] 张俊敏. 煤矿安全评价的几个问题探讨[J]. 矿业安全与环保, 2003, 30(5):30-31.

[4] 杨涛. 基于 BP 神经网络法的煤矿安全评价系统研究——以马兰煤矿为例[D]. 太原:太原理工大学, 2012.

[5] 屈世甲. 矿井工作面突出危险性与瓦斯涌出特征回归分析的研究[J]. 工矿自动化, 2015, 41(5): 74-77.

[6] 袁战伟,张云生,王剑平,等. 基于 BP 神经网络的煤矿瓦斯数据辨识[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2009 (增刊 2):229-231.

[7] 李柏年,吴礼斌. MATLAB 数据分析方法[M]. 北京:机械工业出版社, 2012.

[8] 邓宝, 宋瑞. 基于 BP 神经网络的安全评价方法研究[J]. 安全与环境工程, 2005, 12(2): 61-64.