

文章编号: 1001-1986(2005) 03-0019-03

基于神经网络的掘进面瓦斯爆炸危险源安全评价

田水承¹, 李 华¹, 陈勇刚²

(1. 西安科技大学, 能源学院 西安 710054; 2. 中国民航飞行学院, 四川 广汉 618307)

摘要: 根据危险源理论和评价指标选择原则, 建立了掘进面瓦斯爆炸评价指标体系。基于灰色聚类评价法、BP 神经网络原理和掘进面瓦斯爆炸的特点, 设计了 BP 神经网络掘进面瓦斯爆炸危险源安全评价过程图。最后应用 BP 神经网络安全评价方法对具体的掘进面进行了安全评价, 得出了安全评价等级。神经网络安全评价方法, 能够实现动态、静态的安全评价, 对提高安全评价技术水平具有现实的意义。

关键词: 神经网络; 安全评价; 瓦斯爆炸; 危险源

中图分类号: TD712 TP183 **文献标识码:** A

Safety assessment of gas explosion hazard in heading face based on BP neural network

TIAN Shui-cheng¹, LI Hua¹, CHEN Yong-gang²

(1. School of Energy, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2. Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, China)

Abstract: According to hazard theory and principle of selecting assessment index, the paper constructs assessment index system of gas explosion in heading face. Based on the method of gray clustering, principle of BP neural network and characteristics of gas explosion in heading face, safety assessment procedural diagram of BP neural network on gas explosion hazard in heading face is designed. At the same time, gas explosion hazard of concrete heading face based on safety assessment method of BP neural network is assessed and grades of comprehensive safety assessment are achieved. The statistic and dynamic safety assessment can be realized by using safety assessment method of BP neural network. It is helpful to improve the level of safety management and technology of safety assessment.

Key words: neural network; safety assessment; gas explosion; hazard

1 引言

掘进工作面是矿井瓦斯爆炸事故多发地点, 据统计, 在瓦斯爆炸事故中, 约 60%~70% 发生在掘进面^[1]。为有效预防煤矿瓦斯爆炸事故, 本文进行了掘进面瓦斯爆炸危险源的安全评价研究, 探讨了适用于煤矿危险源安全评价的新方法, 为建立瓦斯爆炸危险源的控制系统提供了依据。

2 掘进面瓦斯爆炸评价指标体系

瓦斯爆炸的必要条件有 3 类^[1]。根据危险源理论^[2]和评价指标选择原则, 确定了掘进面瓦斯爆炸评价指标体系。掘进面瓦斯爆炸第一类危险源指标体系为: x_{101} (平均断层落差, m)、 x_{102} (单位长度断层条数, 1/100 m)、 x_{103} (顶板类型)、 x_{104} (平均瓦斯涌出量, m³/min)、 x_{105} 自燃发火期(月); 第二类危险源指

标体系为: x_{201} (平均风速, m/min)、 x_{202} 风扇完好率(局扇)、 x_{203} (100 m 风筒漏风率)、 x_{204} (防爆设备完好率)、 x_{205} (风量供需比)、 x_{206} (瓦斯抽放率)、 x_{207} (瓦斯抽放设备完好率)、 x_{208} (通讯设施完好率)、 x_{209} (通防设施完好率)、 x_{210} (机械化程度, 分); 第三类危险源指标体系为: x_{301} (管理人员受教育年限, a)、 x_{302} (管理人员平均工龄, a)、 x_{303} (管理人员平均资历, a)、 x_{304} (技术人员平均工龄, a)、 x_{305} (技术人员所占比例)、 x_{306} (工人受教育年限, a)、 x_{307} (工人平均工龄, a)、 x_{308} (民工合同工所占比重)、 x_{309} (工人平均年龄, a)、 x_{310} (工人平均受培训时间, a)、 x_{311} (安全投入兑现率)、 x_{312} (安全教育, 分)、 x_{313} (管理干部安全监察水平, 分)、 x_{314} (安全人员出勤率)、 x_{315} (安全责任制执行率)、 x_{316} (员工的技能和经验, 分)、 x_{317} (员工的职业责任感, 分)、 x_{318} (规程标准化执行水平, 分)。

收稿日期: 2004-06-17

基金项目: 陕西自然科学基金(2001C38)、省教委专项基金(JK214)、中国博士后科学基金(2003034462)

作者简介: 田水承(1964—), 男, 山东淄博人, 西安科技大学教授 博导, 安全系统工程与风险评价专业

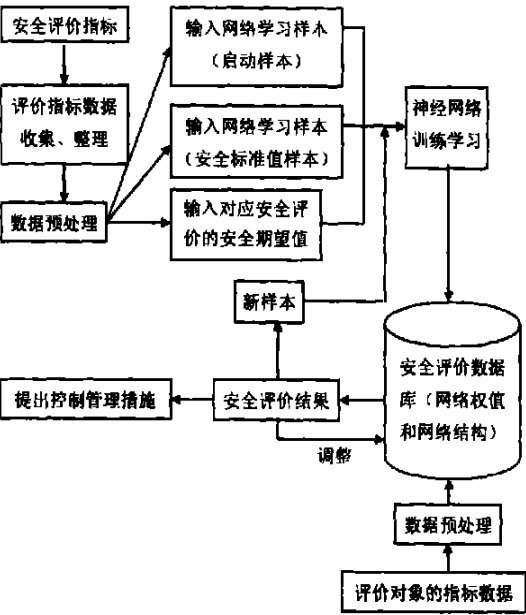


图 1 BP 神经网络安全评价过程图

Fig. 1 The diagram of BP neural network safety assessment process

3 BP 神经网络安全评价过程图

BP 神经网络^[3,4]安全评价过程图(图 1), 简要地说明了 BP 神经网络评价过程。起初评价时输入分为 3 部分: a. 启动样本(通过灰色聚类获得的样本); b. 安全标准值样本(经处理后的安全标准样本); c. 输入对应的样本训练目标值。经神经网络训练学习后得到了安全评价数据库(网络权值和神经网络结构), 基于安全评价数据库, 输入评价对象的指标数据并进行 BP 网络处理, 经处理后可得到安全评价结果。同时又可以新得到的安全评价结果生成新的样本, 再次进行网络训练, 更新数据库。随着网络训练样本数增加, 网络的训练使评价的结果更加精确。当训练样本得到一定数量时, 会增加网络训练收敛难度, 此时可以随机从数据库中提取一定的训练样本进行网络训练, 更新数据库。

4 掘进面神经网络安全评价实例

4.1 神经网络训练样本的确定

本文选取了四川达竹煤电集团某矿 1122(21) 开切眼(1)、2014(7) 运输巷(2)、西集中巷(3)、平顶山某矿戊₉₋₁₀—21170 机巷(4)、铜川某矿 4102 开切眼(5) 等矿现场掘进工作面为待评价的样本, 把它们称为聚类对象。聚类指标 33 个, 根据安全评价标准^[5,6,7], 把安全评价结果划分为 5 个聚类灰数(即灰数)^[8], 即 V、IV、III、II、I。对 3 类危险源评价可以借鉴灰色聚类来评价 以灰色聚类评价结果来确定

启动样本的输出, 其灰色聚类评价结果见表 1。

以危险源安全评价标准作为另一部分样本(安全标准值样本), 与上述启动样本一道, 组成共 10 个训练样本。

根据危险源, 安全评价标准分为 5 个等级, 即安全(0.8~1)、较安全(0.6~0.8)、一般安全(0.4~0.6)、较不安全(0.2~0.4)、不安全(0~0.2)。由于每个等级的取值为一数值区间^[7], 因而在进行网络训练前, 必须对指标作如下处理: V、IV、III、II、I 5 个等级值分别取其平均值作为目标值, 即 5 个安全评价等级的网络期望输出值分别为 0.9、0.7、0.5、0.3、0.1。

4.2 神经网络训练及其评价

利用 MATLAB 编写了网络权值训练和优化程序, BP 网络的结构为: 输入节点数为 33 个, 隐含层节点数为 11 个, 取初始权值为(-1, 1)之间的随机数, 取学习速率为 0.01, 期望误差为 0.001, 为了评价的直观性将采用一个输出结果, 即输出的节点数为 1。

在建立完全、合理的矿山掘进面瓦斯爆炸安全评价指标体系和 BP 神经网络安全评价程序的基础上, 结合生产现场的具体情况进行安全评价, 以此检验指标的合理性和准确性^[9]。评价的掘进面及安全评价样本如表 2 所示。

先将掘进面 6 作为 BP 网络的训练样本, 共 11 个样本, 进行 BP 网络训练, 待训练稳定后, 对掘进面 6 进行评价。其安全评价结果为 0.4775, 对应安全评价等级取值范围, 可知掘进面 6 安全评价等级为 III。同理, 按上述方法可得到 7、8、9、10 掘进面的安全评价结果。其结果汇总于表 3。

5 结论

利用 BP 神经网络的特征, 通过适当选择评价指标, 不仅可以全面评价系统的安全状况和多因素共同作用下的安全状态, 还可以避免了传统安全评

表 1 聚类系数与聚类结果

Table 1 Coefficient and result of cluster					
安全等级	样本号				
	1	2	3	4	5
V	0.729 6	0.794 2	0.743 1	0.773 7	0.655 4
IV	0.776 8	0.866 9	0.796 8	0.826 0	0.711 4
III	0.821 4	0.903 2	0.769 5	0.871 7	0.713 3
II	0.801 8	0.834 0	0.682 0	0.836 7	0.650 6
I	0.765 3	0.758 3	0.727 6	0.751 0	0.783 4
聚类结果	III	III	IV	III	I

表 2 掘进面瓦斯爆炸安全评价样本

Table 2 Sample of safety assessment on gas explosion in heading face					
评价 指标	样本号				
	6	7	8	9	10
x_{101}	0.5	0.6	0.7	1.5	0.6
x_{102}	0.01	0.01	0.02	0.05	0.31
x_{103}	20	20	20	60	40
x_{104}	0.22	3.71	1.71	14.5	2.2
x_{105}	9	9	9	3	9
x_{201}	50	88	46	55	74
x_{202}	0.95	0.98	0.98	1	0.95
x_{203}	0.25	0.06	0.3	0.05	0.035
x_{204}	0.93	0.96	0.98	0.96	1
x_{205}	1.1	1.05	1.07	1.06	0.9
x_{206}	1	1	1	0.35	1
x_{207}	1	1	1	0.8	1
x_{208}	0.96	0.94	0.98	0.97	1
x_{209}	0.93	0.92	0.95	0.98	0.94
x_{210}	55	58	64	68	45
x_{301}	13	13	10	13.5	10.5
x_{302}	15	11	18	16	5
x_{303}	3	7	10	9	2.5
x_{304}	5	7	8	7	4
x_{305}	0.008	0.009	0.018	0.01	0.025
x_{306}	7	9	9	10	9
x_{307}	16	18	15	17.8	14
x_{308}	0.4	0.3	0.4	0.38	0.45
x_{309}	34	37	34.5	38	36
x_{310}	6	8	8	7.5	6
x_{311}	0.85	0.79	0.81	0.85	0.75
x_{312}	80	85	77	84	70
x_{313}	73	82	62	86	75
x_{314}	0.95	0.97	0.96	1	0.94
x_{315}	0.85	0.9	0.87	0.95	0.85
x_{316}	80	85	65	90	70
x_{317}	86	77	70	85	60
x_{318}	80	83	75	95	60

表 3 掘进面安全评价结果汇总表
Table 3 All of results' table on heading face safety assessment

掘进面名称	BP 网络评价结果	BP 神经网络评价	灰色聚类验证结果
6	0.477 5	III	III
7	0.632 0	IV	IV
8	0.583 0	III	III
9	0.836 4	V	V
10	0.198 1	I	I

价时通过人工确定权重的缺点。BP 神经网络安全评价方法能够快速、可靠得到评价结果,实现了动态、静态安全评价。对煤矿掘进面瓦斯爆炸危险源安全评价的研究,是为了实现最大限度降低事故发生率,保障人员和财产的安全,从而提高经济效益。

参考文献

[1] 王魁军,曹林.我国煤矿瓦斯灾害事故频发的原因分析[J].中国煤炭,2003,29(7): 9— 11.

[2] 田水承.第三类危险源辨识与控制研究[D].北京:理工大学,2001.

[3] 王凯全,崔成志.神经元网络在安全评价中的应用[J].中国安全科学学报,1996,6(增刊): 103— 106.

[4] 袁曾任.人工神经网络及其应用[M].北京:清华大学出版社,1999.

[5] 王金波,陈宝智等.系统安全工程[M].沈阳:东北工业学院出版社,1992.

[6] 程卫民.矿井瓦斯、粉尘状态危险安全评价系统及其应用[D].北京:中国矿业大学,1997.

[7] 国家煤矿安全监察局.煤矿安全规程[M].北京:煤炭工业出版社,2001.

[8] 王玉振,周文安.矿井掘进面安全评价的灰色聚类方法[M].北京:中国管理科学,1996.

[9] Cheng W, Zhang A Y, Zhou G, Neural network model of preliminary hazard assessment on gas explosion[J]. Theory and Practice of Energetic Materials, 2003, 5: 905— 910.

“MK-7 型全液压钻机及其配套钻具”
获第二届安全生产科技成果二等奖

2004 年 12 月,煤科总院西安分院“MK—7 型全液压钻机及其配套钻具”项目获国家安全生产监督管理局(国家煤矿安全监察局)第二届安全生产科技成果二等奖。该项目为国家科技部科研院所技术开发研究专项资金项目的主要成果。项目针对我国煤矿井下的工作条件和高瓦斯大型矿井大范围瓦斯预抽放的迫切需要,研制成功了 MK—7 型全液压动力头式钻机、配套使用的 Φ89mm 高强度外平钻杆以

及大直径多级稳定组合钻具,可钻进 Φ153 mm 以上,孔深 800~1 000 m 的大直径近水平钻孔。在工业性试验阶段完成了深 865 m(沿煤层 855 m)的钻孔,刷新了国内大直径顺煤层钻孔深度的最高记录。总体技术水平居国际先进。目前已推广销售十余台,具有良好的市场前景。

(煤炭科学研究总院西安分院 吴璋)