



文章编号:1671-251X(2016)07-0066-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.07.016
张耀文,李海君,张莉丽,等.陕西某煤矿涌水量预测[J].工矿自动化,2016,42(7):66-69.

陕西某煤矿涌水量预测

张耀文, 李海君, 张莉丽, 孔慧敏

(防灾科技学院 地震科学系, 河北 廊坊 065201)

摘要:根据陕西某煤矿的水文地质条件,分析了影响该矿井涌水量的主要因素及指标,运用BP神经网络和大井法分别预测其二、三采区的不同工作面涌水量,并对计算结果进行比较分析。分析结果表明,BP神经网络模型的预测结果较为准确,可将其作为该矿井制定疏水降压方案的依据。

关键词:涌水量预测; BP神经网络; 大井法

中图分类号:TD742.1 文献标志码:A 网络出版时间:2016-07-05 15:03

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20160705.1503.016.html>

Prediction of water inflow of a coal mine of Shaanxi

ZHANG Yaowen, LI Haijun, ZHANG Lili, KONG Huimin

(Department of Earthquake Science, Institute of Disaster Prevention, Langfang 065201, China)

Abstract:Main factors and indicators that affect water inflow of a coal mine of Shaanxi were analyzed according to its hydrogeological conditions. BP neural network and large-well method were used to predict water inflow of different working faces of the second and third districts, and results of the two methods were compared. The analysis results show that the predict result of BP neural network model is more accurate, it can be used as basis for development of mine drainage and pressure decreasing program.

Key words:prediction of water inflow; BP neural network; large-well method

0 引言

陕西某煤矿自2006年建成投产以来,涌水量总体呈逐年增加趋势,最大涌水量为 $5\,458\text{ m}^3/\text{h}$,正常涌水量为 $5\,000\sim 5\,200\text{ m}^3/\text{h}$ ^[1],水文地质类型为极复杂。目前煤层开采导致的顶板水害问题突显为该矿井的主要安全隐患,因此准确预测该矿井顶板涌水量对其制定防治水措施、保证矿井安全生产具有重要意义。

矿井涌水量预测的准确性不仅取决于对矿井充水条件的正确分析和计算参数的合理选取,也与预测方法的科学性密切相关^[2]。目前常用的矿井涌水

量预测方法可大致归为确定性方法 and 非确定性方法两大类,其中确定性方法包括解析法、水均衡法、数值法、物理模拟法等,非确定性方法包括水文地质比拟法、相关分析法、BP神经网络、灰色系统理论等^[2]。本文采用BP神经网络和大井法分别计算了陕西某煤矿二、三采区的5个工作面涌水量,并对预测结果进行了对比分析,最终选用BP神经网络的预测结果作为制定该矿井疏水降压方案的依据。

1 矿井水文地质概况

该煤矿位于陕西黄土高原北端、毛乌素沙漠东南缘。矿区以风沙地貌为主,所处水文地质单元为

收稿日期:2016-01-22;修回日期:2016-05-25;责任编辑:胡娟。

基金项目:防灾减灾青年科技基金项目(201201);河北省教育厅高等学校科学研究计划项目(Z2013027)。

作者简介:张耀文(1986—),女,内蒙古乌拉特前旗人,讲师,硕士,主要从事水文地质方面的教学工作,E-mail:Zhangyaowen999@126.com。

秃尾河流域,水资源极为丰富。矿区构造简单,地层平坦,总体趋势为一个缓缓向北、西倾斜的单斜构造。该区地表绝大部分被第四系沉积物覆盖,地层由老至新依次为:三叠系上统永坪组(T_{3y}),侏罗系中统延安组(J_{2y})、直罗组(J_{2z}),第三系上新统保德组(N_{2b}),第四系中更新统离石组(Q_{2L}),上更新统萨拉乌苏组(Q_{3S})、全新统风积沙(Q_4^{col})及冲积层(Q_4^{al})。区内含煤地层为延安组,现主采煤层为3-1煤层,平均厚度约3.2 m,全区可采。

矿区内主要含水层(组)自上而下为松散层孔隙潜水含水层和直罗组孔隙裂隙承压含水层。松散层孔隙潜水含水层的岩性以细砂、粉砂为主,局部含粗砂及砂砾石;含水层厚度为0~64.10 m,单位涌水量为0.06~0.39 L/(s·m),渗透系数为0.813~4.760 m/d,富水性为弱—中等。直罗组孔隙裂隙承压含水层的岩性以中粗粒砂岩为主,局部夹粉细砂岩;该含水层厚度为0~83.75 m,由于受风化作用影响,岩层裂隙发育,渗透性及储水条件较好,单位涌水量为0.040 2~0.666 L/(s·m),渗透系数为0.142~0.882 m/d,富水性为中等。

2 矿井涌水量的主要影响因素分析

(1) 充水含水层。目前该矿井主采3-1煤层的充水水源主要为地下水,其直接充水水源为直罗组孔隙裂隙承压水,间接充水水源为松散层孔隙潜水,故直罗组孔隙裂隙承压含水层的富水性强弱将直接影响涌水量的大小。一般而言,充水含水层的厚度、渗透系数、单位涌水量越大,含水层的富水性越强。此外,含水层的岩性脆塑性比(岩性脆性岩与塑性岩厚度比)越大或岩芯采取率越低,说明含水层的岩石裂隙发育程度越高,渗透性越强,含水层富水性也越强^[3]。因此,根据该矿井资料,矿井5个工作面充水含水层的渗透系数、含水层厚度、单位涌水量、岩性脆塑性比、岩芯采取率等指标可以综合表征直罗组孔隙裂隙承压含水层的富水性强弱,并直接影响5个工作面顶板涌水量的大小。

(2) 采动裂隙。煤层开采以后,煤层顶板发育的导水裂隙带为矿井充水的人为通道。当导水裂隙带发育高度达到煤层顶板充水含水岩层底界时,导水裂隙带将沟通上覆充水含水层,不仅会增大其分布范围内的充水含水层静储量,而且会增加充水含水层动储量,最终使得矿井涌水量显著增加。一旦导水裂隙带发育高度到达充水含水层底界,发生矿井突水的可能性非常大^[4]。因此,导水裂隙带发育

高度到充水含水层底界的距离这项指标很大程度上影响着矿井涌水量的大小。二采区2个工作面的导水裂隙带发育高度到充水含水层底界的距离均为0,即导水裂隙带已导通直罗组孔隙裂隙承压含水层,很有可能增大矿井涌水量,造成矿井突水,应提前做好相应的防治水措施。三采区3个工作面的导水裂隙带发育高度到充水含水层底界的距离均大于4 m,导水裂隙带应不会成为充水通道,基本不影响矿井涌水量。

(3) 构造断裂。该矿区内未发现褶皱,目前仅发现小型宽缓的波状起伏和3条高角度正断层,断层破碎带宽度为几米至十几米,断层裂隙较发育,可沟通上覆充水含水层,为本矿井局部地段重要的充水通道。但上述导水断层并未影响到二、三采区的工作面涌水量时暂不考虑该因素。

3 矿井涌水量预测

3.1 BP神经网络模型预测方法

3.1.1 BP神经网络原理

BP神经网络是一种多层前向型的神经网络,能够学习大量的映射关系,而不需要其他数学知识来描述^[5]。对于用BP神经网络预测涌水量而言,只要存在一定数量可供学习的涌水样本,网络便可通过训练建立起矿井涌水量与各种影响因素之间的映射关系,通过多次训练,BP神经网络模型就具备了记忆功能,可以应用于实际矿井涌水量的预测。通过分析本矿井涌水量的影响因素,将本矿井涌水量与其各项影响指标的映射关系概括为^[6-7]

$$Q = f(M, K, q, N, R, D) \quad (1)$$

式中: Q 为矿井涌水量; M 为含水层厚度; K 为渗透系数; q 为单位涌水量; N 为岩性脆塑性比; R 为岩芯采取率; D 为导水裂隙带高度到充水含水层底界的距离。

3.1.2 BP神经网络模型

BP神经网络采用3层结构,分别为输入层、隐含层和输出层,其中输入层神经元包括含水层厚度、渗透系数、单位涌水量、岩性脆塑性比、岩芯采取率及导水裂隙带发育高度到充水含水层底界的距离等6个矿井涌水量影响指标,输出层神经元为矿井涌水量。根据Kolmogorvo定理,隐含层神经元个数取10。由此,得到了网络结构为6-10-1的BP神经网络模型(图1)。隐含层的传递函数为logsig,输出层的传递函数为purelin。经过反复试算,发现训

练函数为 trainseg 时,网络收敛速度最快,拟合关系最佳。

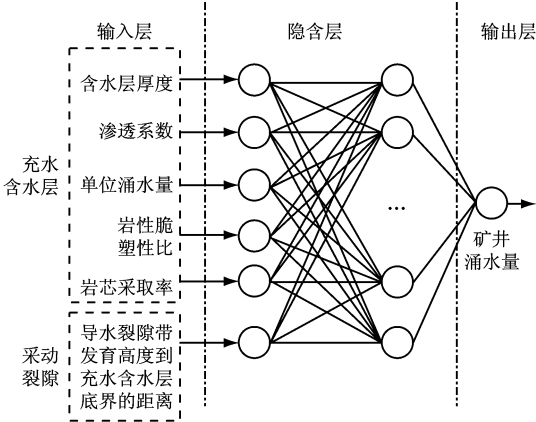


图 1 BP 神经网络模型结构

采用本矿井多个工作面的上述 6 个矿井涌水量影响指标作为输入信息,实测涌水量作为输出信息,进行模型参数识别与验证,并将其中 22 组数据作为训练样本进行学习。为了防止神经网络学习训练出现过拟合,神经网络工具箱将训练数据随机划分为训练集、验证集和测试集。其中训练集用于学习训练;验证集用来验证网络模型的泛化能力,并在过拟合前停止训练;测试集在网络训练过程中没有接触模型,它作为一个完全独立的样本来检测网络模型的准确性。BP 神经网络训练结果如图 2 所示,通过 73 次训练,验证集最好的性能出现在第 67 次训练周期,其均方误差为 0.004。且 3 个数据集的网络模型输出值与目标值间的相关关系较好,相关系数 R 在 0.96 以上,如图 3 所示。由图 3 可知,所建立的 BP 神经网络模型较可靠,可以用来预测其他工作面

的涌水量,预测结果见表 1。

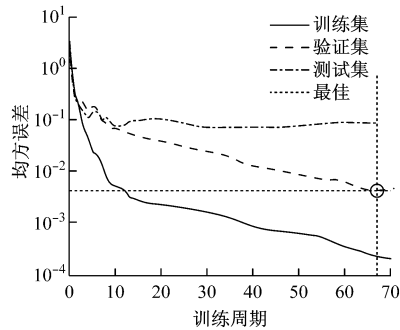


图 2 BP 神经网络训练结果

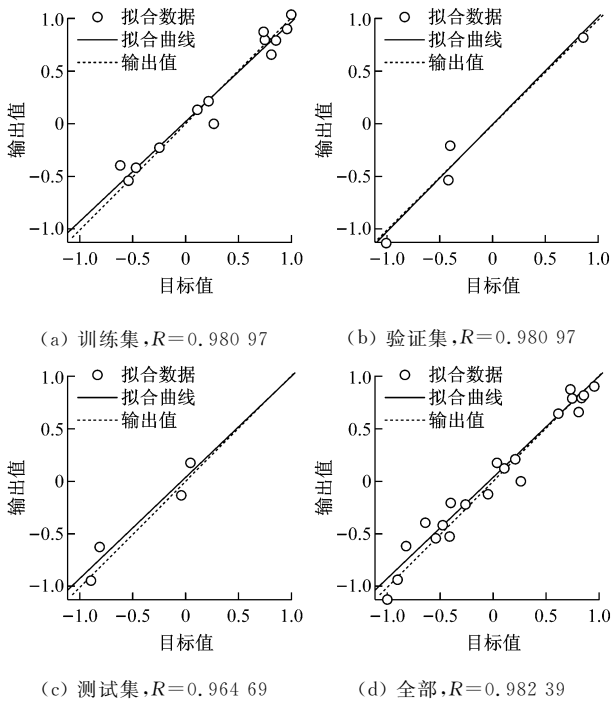


图 3 BP 神经网络模型输出值与目标值的相关关系

表 1 BP 神经网络模型涌水量预测结果

工作面名称	含水层厚度/m	渗透系数/ ($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$)	单位涌水量/ ($\text{L} \cdot (\text{s} \cdot \text{m})^{-1}$)	岩性脆塑性比	岩芯采取率	导水裂隙带发育高度到 充水含水层底界的距离/m	涌水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)
31201	48	0.45	0.34	15	0.71	0	36 783.57
31206	35	0.38	0.25	13	0.5	0	33 795.48
31308	31	0.48	0.1	12	0.57	4	23 007.21
31310	25	0.28	0.06	5	0.52	13	8 695.25
31312	19	0.63	0.05	5	0.76	4	16 976.39

3.2 大井法

本矿井煤层顶板涌水量主要来自其直接充水的直罗组孔隙裂隙承压含水层,该含水层岩性相对较单一,在矿井疏排水过程中,地下水水流会在疏降区形成一个相对稳定降落漏斗,符合裘布依方程设定的条件。在疏降区范围内,承压水位将降至含水层底板以下,因此采用承压转无压的地下水动力学公

式(式(2))进行预测较合理^[8]。

$$Q = 1.366K \frac{(2H - M)M - h^2}{\lg \frac{R_0}{m} - \lg \frac{r_0}{m}} \quad (2)$$

式中: H 为疏干水位降深,根据水位标高和煤层底板标高计算; m ; h 为疏干时的水位, $h=0$; R_0 为引用半径, m ; r_0 为工作面的折算半径, $r_0 = 0.565 \sqrt{F}$, m ,其中 F 为预测的工作面面积, m^2 。

将各参数代入式(2)即可得到预测工作面的涌水量,具体参数值及涌水量计算结果见表2。

表2 大井法涌水量预测结果

工作面名称	含水层厚度/m	渗透系数/($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$)	疏干水位降深/m	工作面的折算半径/m	引用半径/m	涌水量/($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)
31201	48	0.45	400	571.34	5 937.90	29 364.78
31206	35	0.38	550	869.29	6 725.48	28 032.86
31308	31	0.48	332	807.79	3 107.95	21 987.19
31310	25	0.28	311	459.00	2 104.66	8 631.39
31312	19	0.63	383	584.62	3 624.58	15 414.45

3.3 矿井涌水量预测结果分析

以上2种方法对5个工作面涌水量的预测结果对比见表3,三采区的31308、31310和31312工作面涌水量的预测值较为相似,但对于二采区的31201和31206工作面涌水量的预测值,这两种方法计算结果有一定误差。这主要由于这2个采区的煤层顶板导水裂隙带发育情况不同,根据矿井涌水量影响因素分析可知,三采区的导水裂隙带基本不会影响矿井涌水量的变化,而二采区的导水裂隙带已沟通上覆直接充水含水层(直罗组孔隙裂隙承压含水层),考虑间接充水水源(松散层孔隙潜水)很有可能成为增加的补给来源,导致其工作面涌水量明显增大,故BP神经网络模型的计算值更符合实际情况。同时,根据正在开采的31201工作面实际涌水量为37 149 m^3/d ,也可以证实BP神经网络模型的计算结果更为准确。

表3 矿井涌水量预测结果对比				
所在采区	工作面名称	涌水量/($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)		
		BP神经网络预测结果	大井法预测结果	推荐值
二采区	31201	36 783.57	29 364.78	36 783.57
	31206	33 795.48	28 032.86	33 795.48
	31308	23 007.21	21 987.19	23 007.21
三采区	31310	8 695.25	8 631.39	8 695.25
	31312	16 976.39	15 414.45	16 976.39

BP神经网络模型建立在实测矿井涌水量与其影响指标之间的映射关系之上,综合考虑了含水层厚度、渗透系数、单位涌水量、岩性脆塑性比、岩芯采取率及导水裂隙带发育高度到充水含水层底界的距离6个影响指标。而大井法则对实际水文地质条件做了一定简化,假定实际含水层全为均质各向同性,而本矿井二采区的导水裂隙带已导通充水含水层,即实际含水层局部存在人为充水通道,计算时将其概化为均质含水层,导致预测结果有一定偏差。因

此,对于本矿井而言,尤其是二采区,采用BP神经网络模型预测矿井涌水量更准确。

4 结语

分析了矿井涌水量的主要影响因素,采用BP神经网络模型和大井法分别计算了陕西某煤矿二、三采区的5个工作面涌水量。分析结果表明,BP神经网络模型比大井法计算结果更为可靠、准确,因此推荐采用BP神经网络模型计算结果作为该矿井制定疏水降压方案的依据。经计算可知,本矿井二采区31201、31206工作面涌水量为43 795.48~46 783.57 m^3/d ,三采区31308、31310、31312工作面涌水量为8 695.25~25 007.21 m^3/d 。

参考文献:

[1] 王生全,牛建立,刘洋,等.锦界煤矿水文地质特征与矿井充水危险性预测[J].煤田地质与勘探,2014,42(6):55-58.

[2] 虎维岳.矿山水害防治理论与方法[M].北京:煤炭工业出版社,2005:16-17.

[3] 武强,樊振丽,刘守强,等.基于GIS的信息融合型含水层富水性评价方法——富水性指数法[J].煤炭学报,2011,36(7):1124-1128.

[4] 武强,黄晓玲,董东林,等.评价煤层顶板涌(突)水条件的“三图—双预测法”[J].煤炭学报,2000,25(1):60-65.

[5] 王小川,史峰,郁磊,等.MATLAB 43个神经网络案例分析[M].北京:北京航空航天大学出版社,2013:11-15.

[6] 凌成鹏,孙亚军,杨兰和,等.基于BP神经网络的孔隙充水矿井涌水量预测[J].水文地质工程地质,2007,34(5):55-58.

[7] 郭纯清,田西昭.岩溶隧道涌水量综合预测——以朱家岩岩溶隧道为例[J].水文地质工程地质,2011,38(3):1-8.

[8] 刘小满,邢学玲,王心义.跃进矿充水因素分析及矿井涌水量计算[J].煤矿安全,2011,42(10):121-124.