维普资讯 http://www.cqvip.com

预测腐蚀管道剩余强度的新方法**

付道明* 孙 军 贺志刚 岑广远
(塔里木油田分公司开发事业部)) (北京安东奥尔工程技术有限责任公司)
喻西崇
(中国科学院力学所)

付道明 孙 军等:**预测腐蚀管道剩余强度的新方法**,油气储运,2004,23(4) 12~18。

摘 要 将 BP 神经网络和遗传算法相结合,得到了一种可计算腐蚀管道剩余强度和最大允许注水压力的新神经网络。通过实例分析,将 7 种常用规范和改进的遗传神经网络方法进行了比较。结果表明,不同计算方法得到的剩余强度和最大允许注水压力相差较大,Wes 2805—97 规范、ASMEB31G 规范、CVDA—84 规范、Irwin 断裂力学方法等都比 J 积分方法的剩余强度和最大允许注水压力偏大;Burdiken 和 DM 断裂力学方法计算得到的剩余强度和最大允许注水压力比 J 积分偏小;J 积分方法和基于 J 积分方法的改进遗传神经网络方法计算结果比较接近,比较适中,可以认为是计算管道剩余强度和最大允许注水压力较好的方法。

主题词 腐蚀管道 剩余强度 BP 神经网络 遗传算法

一、前 言

管道发生腐蚀后,管道的剩余强度和承压能力将下降,管道腐蚀的检测和维修费用上升,管道的维修和更换周期缩短,投资和运行费用增加,整个输送系统的正常运行将受到干扰[1]。评价腐蚀管道剩余强度的目的是为了研究缺陷能否在某一操作压力下允许存在,以确定当前腐蚀缺陷下的剩余强度和最大失效压力,以及在某一输送压力下允许存在的最大腐蚀缺陷尺寸等,为管道维修计划和安全生产管理提供科学的指导。含腐蚀缺陷的在役腐蚀管道剩

管道各部分的经济指标分别为,管道线路工程投资为 42.3×10^8 元,压气站工程投资为 8.6×10^8 元,运行操作费用为 20.7×10^8 元,合计为 71.6×10^8 元。

五、结 论

新的输气管道优化设计模型与传统的优化模型相比具有设计变量少、约束条件少、优化简单和效率高等优点。计算管道能量平衡约束时将管道分为小段进行处理,不仅精度高,而且适用于有高差、有分气点的管道。在 MDCP 算法的改进基础上,编写了用于输气管道优化的混合离散算法,实例应用表明,该算法不仅运行速度快,而且可得到全局最优解。

参 考 文 献

1, 李长俊 杨 宇等:长距离输气管道工程混和离散变量优化设计研究,管道技术与设备,2001(3)。
2, 刘明超 黄腾飞:大型水平输气管线优化设计新方法,天然气与石油,2002,20(1)。
3, 康正凌 袁宗明:树枝状天然气管网优化设计,天然气工业,2001,21(3)。
4, 张其敏:有分支天然气管线优化设计,天然气与石油,2000,18(1)。
5, 姚光镇:输气管道设计与管理,石油大学出版社(东营),1989。
6, 陈立周等:工程离散变量优化设计方法,机械工业出版社(北京),1989。

(收稿日期:2003-06-02)
编辑:刘春阳

* 841000,新疆库尔勒市;电话:(0996)2174726。
** 国家 863 项目:石油勘探开发分布式集成应用系统(863—306—ZT04—03—3)。

维普资讯 http://www.cqvip.com

余强度评价是对腐蚀管道进行适用性评价和完整性评价的重要组成之一[2,3],因此有必要对注水管道在给定腐蚀缺陷尺寸下剩余强度的计算方法进行深入研究。20 世纪 80 年代以来,随着断裂力学的发展,国际上逐步发展形成了兼顾安全可靠性和经济性的剩余强度评价方法。具有代表性的有,CEGB R6 含有缺陷的结构完整性的评价(1988)[4]、ASME B31G 体积型腐蚀缺陷评价规范(1990)[5]、英国 BSI PD6493(1991)焊接结构缺陷可接受性评价方法指南[6]、日本 WES 2805—97 压力容器安全评定规范[7]。目前,国际上的剩余强度评价规范正趋向于以 J 积分为理论基础的 FAD 失效评价图技术[8]。国内在剩余强度评价方面的规范有 CVDA 84[9]压力容器安全评定规范和 SAPV 95 压力容器安全评定规范[10]。SAPV 95 是建立在确定性断裂力学基础上的,采用了 FAD 失效评估技术[11,12]。国内外的这些规范、经验或半经验关系式由各国根据本国的具体特点,在特定的试验和环境中得到的,因此都有一定的使用范围。为此,提出一种新方法,即将 BP 神经网络和遗传算法相结合,得到一种新的神经网络,并将这种神经网络用于计算腐蚀管道的剩余强度。

二、常用剩余强度计算方法研究

1、 全尺寸实物半经验关系式的计算

根据断裂力学理论,带有轴向缺陷的承压管道强度可按 ASME B 31 G 规范确定,失效时管道的剩余强度 σ_p 为:

$$\sigma_p = (\sigma_s + 68.95)\left[\frac{1-\varphi}{1-\varphi \cdot M^{-1}}\right] \Big/ N_{safe} \quad (1)$$

式中　σ_p ——轴向缺陷剩余强度,MPa;

M ——鼓胀系数,无因次;

N_{safe} ——安全系数;

φ ——修正系数;

σ_s ——材料的屈服应力,MPa。

φ 的计算如下。

令 $x=\frac{a}{t}$,如果 $x\leqslant 4$,则 $b=4$;如果 $x>4$,则:

$$b = \left[\left(\frac{x}{1.1\,x-0.15}\right)^2 - 1\right]^{0.5}$$

如果 $b\leqslant 4$,则腐蚀区域形状为抛物线,采用等效长度法计算:

$$\varphi = \frac{2\,a}{3\,t}$$

如果 $b>4$,则腐蚀区域形状为矩形,采用总长度法计算:

$$\varphi = \frac{a}{t}$$

式中　a ——腐蚀缺陷深度,mm;

t ——管道壁厚,mm。

以上 φ 计算较为准确的方法是对整个金属损失区域进行计算,即采用有效面积法计算 φ:

$$\varphi = \frac{0.85\,a}{t}$$

$$M = \begin{cases} \left[1 + 0.627\,5\,\dfrac{L^2}{D\cdot t} - 0.003\,375\,\dfrac{L^4}{D^2\cdot t^2}\right]^{0.5} & \left(\dfrac{L^2}{D\cdot t}\leqslant 50\right) \\ 0.032\times\dfrac{L^2}{D\cdot t} + 3.3 & \left(\dfrac{L^2}{D\cdot t} > 50\right) \end{cases} \quad (2)$$

式中　D ——管道内径,mm;

L ——腐蚀缺陷长度,mm。

2、 断裂力学理论的计算

(1)基于 DM 方法

①对于脆性断裂失效,采用 Neaman 断裂力学理论进行计算:

$$\sigma_p = \left[\frac{K_{IC}E}{F_1\left(\frac{a}{c},\frac{a}{t},\frac{R_i}{t},\theta\right)\sqrt{\pi a}N_{safe}}\right] \quad (3)$$

式中　K_{IC} ——断裂韧性,N/mm$^{1.5}$;

E ——弹性模量,MPa;

R_i ——注水管道的内半径,mm;

θ ——裂纹顶端某点所处的角度,弧度;

c ——埋藏腐蚀裂纹缺陷长度的一半,mm。

②对于弹塑性断裂失效,采用 DM 断裂力学理论进行计算:

$$\sigma_p = \frac{2\,\sigma_s}{\pi M\times N_{safe}}\arccos\left[\exp\left(\frac{-\pi E\delta_c}{8\,\sigma_s\bar{a}}\right)\right] \quad (4)$$

式中　δ_c ——裂纹允许张开位移,mm。

③对于塑性断裂,将屈服强度 σ_s 换为流变应力 σ_f:

$$\sigma_p = \frac{2\,\sigma_f}{\pi M\times N_{safe}}\arccos\left[\exp\left(\frac{-\pi E\delta_c}{8\,\sigma_f\bar{a}}\right)\right] \quad (5)$$

维普资讯 http://www.cqvip.com

式中 σ_f ——流变应力，MPa；

$\bar{a}$ ——等效腐蚀缺陷深度，mm。

(2)基于 WES 2805 规范

①对于脆性断裂失效：

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{16\ E\delta\sigma_s}{\pi\bar{a}}} \tag{6}$$

②对于弹塑性断裂失效，采用 WES 2805 规范进行计算：

$$\sigma_p = \left[\left(\frac{8\ E\delta_c}{\pi\sigma_s\bar{a}}\right)+5\right]\frac{\sigma_s}{9\ N_{safe}} \tag{7}$$

③对于塑性断裂，将屈服强度 σ_s 换为流变应力 σ_f：

$$\sigma_p = \frac{\sigma_f}{M\times N_{safe}} \tag{8}$$

(3)基于 CVDA 84 规范

①脆性断裂失效

对于表面腐蚀缺陷，则：

$$\sigma_p = \frac{K_{IC}\phi}{N_{safe}F\sqrt{\pi a}} \tag{9}$$

$$F = 1.1+5.2\times 0.5^{\frac{5a}{c}}\times\left(\frac{a}{t}\right)^{1.8+\frac{a}{c}} \tag{10}$$

$$\phi = \left[1.0+1.464\left(\frac{a}{t}\right)^{1.65}\right]^{0.5} \tag{11}$$

式中 ϕ ——第二类椭圆积分，无因次；

F ——等效裂纹尺寸的修正系数，无因次。

对于埋藏腐蚀缺陷，则：

$$\sigma_p = \frac{K_{IC}\phi}{\Omega\times N_{safe}\sqrt{\pi a}} \tag{12}$$

式中 Ω ——埋藏裂纹的修正系数，无因次。

$$\Omega = 1+b\left(\frac{a}{P_1+a}\right)^k \tag{13}$$

$$b = \left[0.42+2.23\left(\frac{a}{c}\right)^{0.8}\right]^{-1} \tag{14}$$

$$k = 3.3+\left[1.1+50.0\left(\frac{a}{c}\right)\right]^{-1}+1.95\left(\frac{a}{c}\right)^{1.5} \tag{15}$$

式中 b、k ——修正系数，无因次；

P_1 ——埋藏裂纹到两个自由表面的最短距离中较小的距离，mm。

对于穿透腐蚀缺陷，则：

$$\sigma_p = \frac{K_{IC}}{M\times N_{safe}\sqrt{\pi c}} \tag{16}$$

②对于弹塑性断裂失效，如果腐蚀缺陷区域的最大应力 $\sigma\leqslant\sigma_s$，则：

$$\sigma_p = \left(\frac{E\delta_c\sigma_s}{2\ \pi\bar{a}}\right)^{0.5}\Big/N_{safe} \tag{17}$$

如果 $\sigma>\sigma_s$，则：

$$\sigma_p = \left(\frac{E\delta_c}{\pi\bar{a}}-\sigma_s\right)\Big/N_{safe} \tag{18}$$

③对于塑性断裂，采用式(8)计算。

(4)Burdekin 断裂力学方法

①对于脆性断裂失效，采用(式(3))Neaman 断裂力学理论进行计算。

②对于弹塑性断裂失效：

$$\sigma_p = \frac{\sigma_s}{N_{safe}}\left(0.25+\frac{\delta_c E}{2\ \pi\sigma_s\bar{a}}\right) \tag{19}$$

③对于塑性断裂，采用式(8)计算。

(5)Irwin 断裂力学方法

①对脆性断裂失效：

$$\sigma_p = \frac{\phi K_{IC}}{\left[M_1^{\ 2}M_2^{\ 2}\pi a+0.212\left(\frac{K_{IC}}{\sigma_s}\right)^2\right]^{0.5}\times N_{safe}} \tag{20}$$

②对于弹塑性断裂失效：

$$\sigma_p = \left(\frac{E\delta_c}{\pi\bar{a}}-\sigma_s\right)\Big/N_{safe} \tag{21}$$

③对于塑性断裂，采用式(8)计算。

(6)以 J 积分为基础的断裂力学方法

脆性断裂和塑性断裂仍然采用上述几种计算方法，在只有弹塑性断裂时，才可采用 J 积分近似解。只有对腐蚀缺陷裂纹区域进行精确的弹塑性分析，才能计算出 J 积分。

根据断裂力学理论，J 积分值为 J 积分的弹性解 $J^e(a_{eff},P)$ 和全塑性解 $J^p(a,P,n)$ 之和，即

$$J(a,P) = J^e(a_{eff},P)+J^p(a,P,n) \tag{22}$$

$$J^e(a_{eff},P) = \frac{4\times 10^3 P^2 R_o^{\ 4}\pi a_{eff}}{E\left[(R_i+t)^2-R_i^{\ 2}\right]^2}\times F^2(a_{eff}/t,R_i/R_o) \tag{23}$$

$$a_{eff} = a+\frac{0.176\ 8}{\pi}\left(\frac{K_I}{\sigma_s}\right)^2 \tag{24}$$

式中 $J^e(a_{eff},P)$ ——J 积分的弹塑性解，MN/m；

a_{eff} ——缺陷深度按 Irwin 塑性修正后的有效裂纹值，mm；

P ——注水压力，MPa。

$$J^p(a,P,n) = \frac{\sigma_s^{\ 2}}{E}a\left(1-\frac{a}{t}\right)a$$

维普资讯 http://www.cqvip.com

$$\times H_1\left(\frac{a}{t},n,\frac{R_i}{R_0}\right)\times\left(\frac{P}{P_0}\right)^{n+1} \quad (25)$$

$$P_0=\frac{2(t-a)\sigma_s}{\sqrt{3}(R_i+a)}$$

式中　$H_1(a/t,n,R_i/R_0)$——无量纲函数；

R_0 ——管道外半径，mm；

P_0 ——完全塑性状态（$n=+\infty$）下的管材的塑性失稳压力，MPa。

$H_1(a/t,n,R_i/R_0)$的计算见表 1～表 3，具体计算时，可对表 1～表 3 中的数据进行内插或外推求得。

表 1　$t/R_i=1/5$ 时的 $H_1(a/t,n,R_i/R_0)$值

a/t	$H_1(a/t,n,R_i/R_0)$			
	n=7	n=10	n=11.677	n=13.349
1/8	13.12	14.940	15.96	16.970
1/4	9.71	9.450	9.30	9.160
1/2	3.52	2.110	1.32	0.540
3/4	0.83	0.493	0.30	0.177

表 2　$t/R_i=1/10$ 时的 $H_1(a/t,n,R_i/R_0)$值

a/t	$H_1(a/t,n,R_i/R_0)$			
	n=7	n=10	n=11.677	n=13.349
1/8	9.34	9.550	9.67	9.78
1/4	7.78	6.980	6.53	6.09
1/2	3.95	2.270	1.33	0.39
3/4	1.05	0.787	0.64	0.49

可利用 J 积分失效准则计算剩余强度：

$$J(a,P)\leqslant J_{IC}/N_{safe} \quad (26)$$

将 $J(a,P)$表达式代入后，通过迭代求解得到最大允许注水压力 P，然后可由注水压力和应力的关系（如 CVDA 规范，ASME B31G，净截面准则）之一来计算剩余强度 σ_p。

表 3　$t/R_i=1/20$ 时的 $H_1(a/t,n,R_i/R_0)$值

a/t	$H_1(a/t,n,R_i/R_0)$			
	n=7	n=10	n=11.677	n=13.349
1/8	8.07	7.750	7.57	7.370
1/4	7.21	6.530	6.15	5.770
1/2	4.88	2.620	1.36	0.097
3/4	1.23	0.883	0.69	0.500

三、BP 神经网络和遗传算法相结合的方法

影响剩余强度的因素较多，由于上述规范大都是一些经验或半经验关系式，因此适用范围小、准确性较差。神经网络具有强大的自组织、自学习以及非线性映射功能，可以利用神经网络确定给定腐蚀缺陷尺寸下的剩余强度（失效应力）。

最常用的 BP 神经网络结构是三层，即包括输入层、隐含层以及输出层（见图 1），其中输入层的输入参数序列代表各测试点 n 个对注水管道剩余强度的影响因素，如腐蚀缺陷深度 a 和长度 2 c、注水压力和温度、屈服应力 σ_s、断裂韧性 $S_{IC}-K_{IC}$、δ_c、J_{IC}、Paris 公式中的常数 C 等，输出节点为剩余强度。

由于标准的 BP 神经网络具有收敛速度慢、易出现“平台效应”和陷入局部极小点等缺点[13~16]，而遗传算法是目前运用最广、理论上最成熟、效果最好以及最有发展前景的全局最优化方法[17~19]，因此将它和传统的 BP 神经网络相结合来改进 BP 神经网络性能，以克服局部极小值，实现全局收敛，提高网络学习精度、泛化能力以及网络的稳定性等。

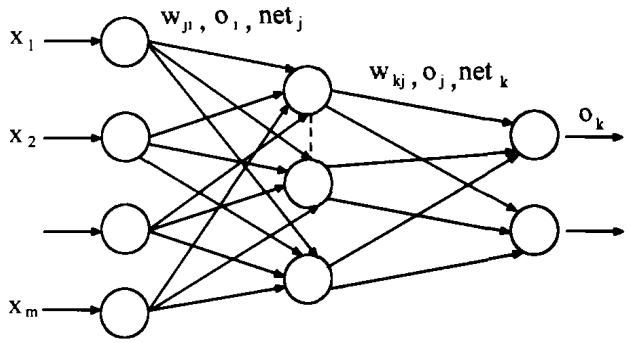


图 1　三层 BP 网络结构

目前，遗传算法和 BP 神经网络的结合方式主要是利用 GA 算法优化 BP 神经网络的结构和权值，可以分为两种形式，即 BP 神经网络的拓扑结构已经确定，用 GA 算法优化各层之间的连接权值和阈值；同时优化 BP 神经网络的连接权值和网络的拓扑形式。以下对这两种形式进行研究。

(1)BP 神经网络的拓扑结构已经确定，用 GA 算法优化各层之间的连接权值和阈值。群体的编码

维普资讯 http://www.cqvip.com

方式。采用实数编码的形式，设 BP 神经网络为三层神经网络，输入层节点数、隐层和输出层节点数分别为 m，ii，n；输入层到隐层之间的连接权值为 w_{ij}，隐层到输出层之间的连接权值为 w_{jk}；θ_j、θ_k 分别为隐层节点 j 和输出层节点 k 的阈值，则群体经过实数编码后，用一个二维数组表示群体中的染色体串，矩阵的行数为群体尺寸，矩阵的列数为未知数的个数，即所有连接权值和阈值的组合。群体染色体矩阵 P 为：

$$P=\begin{bmatrix} w_{1,1,1}\cdots w_{1,1,ii}\cdots w_{1,m,1}\cdots w_{1,m,ii} & w_{2,1,1}\cdots w_{2,1,n}\cdots w_{2,ii,1}\cdots w_{2,ii,n} & \theta_{2,1}\cdots\theta_{2,ii}\ \theta_{3,1}\cdots\theta_{3,n} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \end{bmatrix}$$

染色体矩阵的列数 $M=m\times ii+ii\times n+ii+n$，行数 N 为群体数目大小，染色体矩阵的 $1-ii$ 列为输入层第一个节点与隐层第 1 到第 ii 个节点的连接权值，然后依次排列输入层节点 2 与隐层第 1 到第 ii 个节点的连接权值，依次类推，直到输入层节点 m；从各列的第 $m\times ii+1$ 开始到第 $m\times ii+ii\times n$ 依次排列从隐层到输出层的连接权值；从各列的第 $m\times ii+ii\times n+1$ 开始到第 $M=m\times ii+ii\times n+ii+n$ 列依次排列隐层和输出层节点的阈值。可以看出，GA 算法实质上是对群体染色体矩阵进行操作，即在每一代进化过程中随机对群体染色体矩阵 P 每一行中各列进行选择，以及各列之间进行交叉变异操作。

适应度函数的选择。由于 GA 算法是以适应度值最大进化的，而利用 GA 算法优化的 BP 神经网络的误差函数的目的是要求最小值，因此必须将 BP 神经网络的误差函数作相应修改。修改误差函数有倒数法、取负法以及改进的取负法三种方法。

倒数法的适应度函数为：

$$f=\frac{1}{E}=\frac{1.0}{\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{m}(t_k-o_k)^2} \tag{27}$$

式中 o_k ——输出层节点 k 的实际输出；

t_k ——输出层节点 k 的理想输出（教师信号）；

E ——误差平方和。

取负法的适应度函数为：

$$f=-E=-\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{m}(t_k-o_k)^2 \tag{28}$$

改进的取负法。采用取负法还不足以保证适应度函数的非负性，可采用以下方法进行转换：

$$f=\begin{cases} C_{max}-\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{m}(t_k-o_k)^2, & \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{m}(t_k-o_k)^2<C_{max} \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \tag{29}$$

式(29)中的 C_{max} 可以是事先给定的一个合适最大值，在神经网络中，$C_{max}=100\sim1\ 000$ 之间即可满足要求，或者 C_{max} 也可采用进化过程中误差函数的最大值。

交叉方法。使用了算术交叉和方向交叉两种方法。设父代的两个染色体个体分别为 v_1、v_2，则算术交叉后的两个染色体为：

$$v_1'=\lambda v_1+(1-\lambda)v_2 \quad v_2'=\lambda v_2+(1-\lambda)v_1 \tag{30}$$

方向交叉后的两个染色体为：

$$v_1'=\lambda(v_1-v_2)+v_1 \quad v_2'=\lambda(v_2-v_1)+v_2 \tag{31}$$

式中 λ——[0,1]之间的随机数。

算术交叉可以保证产生的后代位于父代之间，而基于方向交叉则可以有效扩展搜索空间。

变异方法。采用了动态变异方法。设 v_k 变异为 v_k'，v_k' 的计算如下：

$$v_k'=v_k+(v_k^U-v_k)\lambda(1-t/T)^b \tag{32}$$

或

$$v_k'=v_k-(v_k-v_k^L)\lambda(1-t/T)^b \tag{33}$$

在上式中，v_k^U、v_k^L 分别为 v_k 的上界和下界，t、T 分别为当前代数和最大遗传代数，λ 为[0,1]之间的均匀随机数，b 为自适应程度参数，起着调整局部搜索区域的作用，其值在 2～5 之间。

(2)利用 GA 同时优化 BP 网络的拓扑形式、各层之间连接权值和阈值。

为了降低计算的复杂性，仅对已知隐层层数时，

维普资讯 http://www.cqvip.com

利用 GA 算法优化 BP 神经网络隐层节点数和各层之间连接权值和阈值进行研究。一般情况下,隐层的层数最多为 2 层即可满足给定精度的非线性映射。因此分别假设隐层层数为 1 层或 2 层的情况下,优化隐层节点数和各层之间的连接权值和阈值。基本计算方法和(1)基本相同,不同之处在于群体的编码方式(同样采用实数编码的形式)。

将改进的 BP 神经网络和遗传算法相结合的神经网络命名为改进的遗传神经网络。

四、应用分析

以某试验区某已经加入缓蚀剂的注水管道为例,利用 ASME B31G、DM 方法、Wes 2805－97、CVDA 84、Burdekin 方法、Irwin 方法、J 积分和改进的遗传神经网络等 8 种方法,对给定腐蚀缺陷尺寸下注水管道的剩余强度进行计算。

注水管道基本参数为,管外径 D_O=420 mm,壁厚 t=10 mm,20 号无缝钢管,断裂韧性 K_{IC}=3 077 N/mm$^{1.5}$,Paris 公式中的常数 $C=2.34\times10^{-14}$,m=4.13,腐蚀权重取 0.85,一年注水波动频率为 369 次。轴向腐蚀缺陷裂纹,初始腐蚀缺陷深度为 1.02 mm,腐蚀缺陷长度为 5.05 mm,安全系数 N_{safe} 取 1.5,弹性模量 E 取 2.1×10^5 MPa,材料屈服应力 σ_s 为 312 MPa,抗拉强度 σ_b 取 450 MPa。

利用改进的遗传神经网络预测剩余强度时,训练数据来自 J 积分方法计算的预测值,神经网络的输入节点参数为影响剩余强度的各影响因素,即腐蚀缺陷深度 a 和长度 2 c、注水压力和温度、屈服应力 σ_s、断裂韧性 $S_{IC}-K_{IC}$、δ_c、J_{IC}、Paris 公式中的常数 C 等 7 个,输出节点为对应的剩余强度,神经网络结构为 7×15×1,最终迭代误差控制为 1.0×10^{-4}。不同时间序列下的腐蚀缺陷尺寸参数见表 4。

分别利用上述 8 种方法计算了不同时间序列下注水管道的剩余强度(见图 2)。

计算出剩余强度 σ_p 后,根据 ASME B31G 规范中剩余强度 σ_p 和最大允许注水压力 P 之间的关系,得到注水管道的最大允许注水压力 P:

$$P=\sigma_p\times[(R_i+t)^2/R_i^2-1.0]/2.0 \quad (34)$$

由式(34)可得到最大允许注水压力随时间的变化趋势(见图 3)。

表 4　不同时间序列下的腐蚀缺陷尺寸参数

时间序号	对应时间	深度 (mm)	长度 (mm)
1	1999-01-01	1.020	5.050
2	1999-02-01	1.067	5.097
3	1999-03-01	1.109	5.151
4	1999-04-01	1.138	5.200
5	1999-05-01	1.170	5.250
6	1999-06-01	1.281	5.296
7	1999-07-01	1.333	5.345
8	1999-08-01	1.371	5.401
9	1999-09-01	1.412	5.463
10	1999-10-01	1.459	5.534
11	1999-11-01	1.492	5.600
12	1999-12-01	1.563	5.689
13	2000-01-01	1.596	5.769
14	2000-02-01	1.669	5.848
15	2000-03-01	1.719	5.924
16	2000-04-01	1.772	6.002
17	2000-05-01	1.830	6.090
18	2000-06-01	1.899	6.190
19	2000-07-01	2.020	6.311
20	2000-08-01	2.063	6.439
21	2000-09-01	2.156	6.579
22	2000-10-01	2.300	6.731
23	2000-11-01	2.368	6.891
24	2000-12-01	2.540	6.990
25	2001-01-01	2.660	7.180
26	2001-02-01	2.900	7.410
27	2001-03-01	3.140	7.675
28	2001-04-01	3.370	7.998
29	2001-05-01	3.560	8.390
30	2001-06-01	3.920	8.990

维普资讯 http://www.cqvip.com

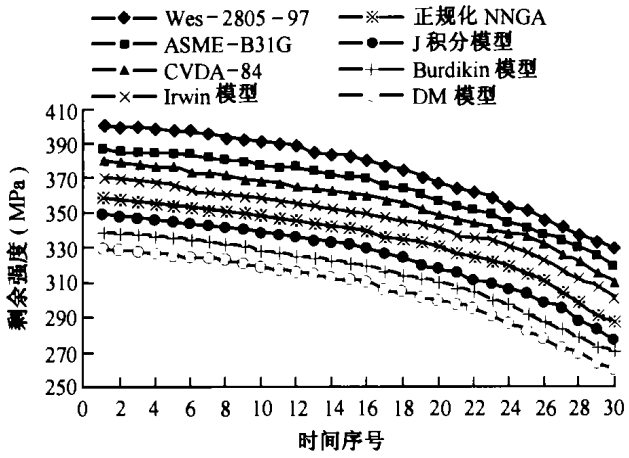


图 2 基于腐蚀缺陷尺寸剩余强度随时间的变化趋势
(注 正规化 NNGA 指的是改进的遗传神经网络)

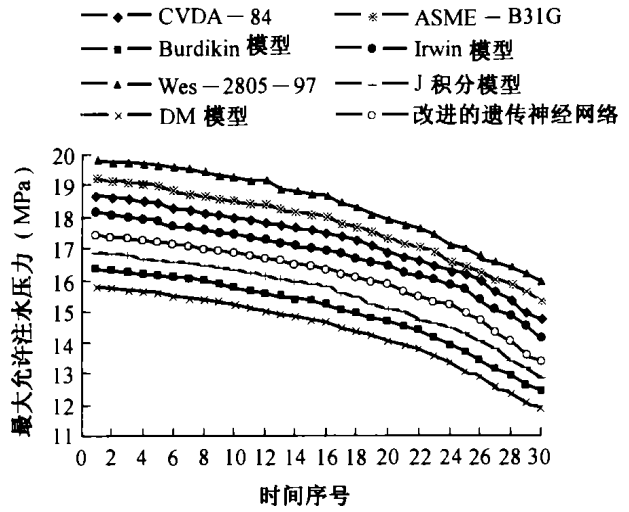


图 3 基于腐蚀缺陷尺寸最大允许注水压力随时间的变化趋势

五、结论与讨论

(1)将 BP 神经网络和遗传算法相结合,得到了一种新的神经网络,用这种神经网络计算了腐蚀管道的剩余强度和最大允许注水压力。

(2)对目前国内外常用规范进行了归纳和总结,得到了 ASME B31G、DM 方法、Wes 2805－97、CVDA—84、Burdekin 方法、Irwin 方法和 J 积分方法 7 种常用方法。

(3)本文改进的遗传神经网络虽然是针对注水管道剩余强度计算而提出的,但它具有通用性,完全是一种数学计算方法,不依赖于特定的试验环境,因此具有较广的适用范围,对数学理论研究和工程应用都具有重要的现实意义。

参 考 文 献

1, 陆 柱:油田水处理技术,石油工业出版社(北京)1992。

2, 李鹤林:石油管道工程,石油工业出版社(北京),1999。

3, 李志安:压力容器断裂理论与缺陷评定,大连理工大学出版社(大连),1994。

4, Miline R A, Ainsworth A R, Dowling and Stewart A T: Assessment of the Integrity of Structures Containing Defects (Centural Electricity Generating Board Report R/H/R6－rv3), Int. J. Pressure Vessels And Piping, 32, 1988.

5, Kiefne J F and Vieth P H: New Method Corrects Criterion for Evaluating Corroded Pipe, Oil and Gas Journal, 1990, Aug 20.

6, BSI PD 6493: Guidlines On Method for Assessment the Acceptability of Flaws in Fusion Welding Structures, British Standards Institute, 1991.

7, WES 2805K—1997 按脆断和疲劳裂纹扩展评定的焊接缺陷验收标准。

8, Krithtyr P: Improvements to Surface Cracked Pipe J－Estimation Schemes, Int. Journal of Pressure Vessels and Piping, 2000.

9, Ahammed M: Prediction of Remaining strength of Corroded Pressureied Pipelines, Int. J. Pres, Ves&Piping, 1997.

10, Huang W L: Failure Assessment Diagram (FAD) for I－II mixed －mode Crack Structure Under Biaxial Loading. Int. J. Pres, Ves&Piping, 1996, 69.

11, Wang W Q: On the Probabilities Failure Assessment Diagram, Int. J. Pres, Ves&Piping, 1999, 76.

12, 潘家华:潘家华油气储运工程著作选集,石油工业出版社(北京),2001。

13, 李晓峰:人工神经网络 BP 算法的改进及其应用,四川大学学报(工程科学版),2000,32(2)。

14, 阎平凡:人工神经网络与模拟进化计算,清华大学出版社(北京),2001。

15, Shahab Mohaghegh: Virtual Intelligent Applications in Petroleum Engineering, Part 3, Fuzzy Logic, 2000, SPE62415.

16, Mohaghegh S and Ameri M: Key Parameters Controlling the Performance of Neuro－Simulation, SPE51079, 1998.

17, 李敏强:遗传算法与神经网络的结合,系统工程理论与实践,1999,(2)。

18, 米凯利维茨 Z.:演化程序—遗传算法和数据编码的结合,科学出版社(北京),2000。

19, 郭晓婷:基于遗传算法的进化神经网络,清华大学学报(自然科学版),2000, 40(10)。

(收稿日期:2003-04-09)

编辑:刘春阳