

# 用 RBF 人工神经网络构建铝合金大气腐蚀预测模型

韩德盛<sup>1,2,3</sup>, 李荻<sup>4</sup>

1. 北京大学 化学与分子工程学院, 北京 100871; 2. 广东华润涂料有限公司, 佛山 528306;  
3. 厦门大学 物理与机电工程学院, 厦门 361005; 4. 北京航空航天大学 材料科学与工程学院, 北京 100083

**摘要:**依据 RBF 人工神经网络构建原理与腐蚀过程的相似性,以铝合金外场大气腐蚀数据训练并构建了 RBF 类型的铝合金腐蚀预测人工神经网络模型,并赋予该 RBF 网络隐节点数据中心是腐蚀敏感区中心的物理意义. 该模型以合金成分、环境因素、时间等为网络输入参量,以腐蚀增重为网络输出;由于 RBF 网络具有局部响应特性,该类腐蚀预测模型尤其适合训练具有区域集中特点的外场腐蚀数据;仿真结果表明该模型具有良好的预测精度.

**关键词:**铝合金;大气腐蚀;预测模型;RBF 神经网络

中图分类号: TG172.3 文献标识码: A 文章编号: 1002-6495(2009)03-0245-02

## FORECAST OF ATMOSPHERE CORROSION FOR ALUMINUM ALLOYS BY RBF NEURAL NETWORK

HAN De-sheng<sup>1,2,3</sup>, LI Di<sup>4</sup>

1. College of Chemistry and Molecular Engineering, Beijing University, Beijing 100871;  
2. Guangdong Huarun Paint Chemical Co., Ltd., Fushan 528306;  
3. School of Physics and Mechanical & Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005;  
4. School of Material Science and Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083

**Abstract:** RBF neural network was built and trained with outfield atmosphere corrosion data of aluminum alloys for corrosion forecast. Chemical composition of alloys, environment factors and time were designed as network input, while corrosion weight gain as network output. Simulated result showed that the network has good forecast accuracy.

**Keywords:** aluminum alloys; atmosphere corrosion; forecast model; RBF neural network

计算机科学技术的发展为材料腐蚀预测提供了新的方法和视角. 图象识别,小波分析、神经网络等应用于腐蚀数据的处理和建模,使腐蚀预测模型的适应性及预测精度都有不同程度的提高. 相关领域成为研究热点. 本文介绍以铝合金外场大气腐蚀数据构建的 RBF 类型腐蚀预测神经网络.

### 1 RBF 网络构建原理对腐蚀过程的仿真意义

材料的腐蚀是多因素作用的结果. 对于铝合金在外场大气中的腐蚀,合金成分、环境温、湿度、主要污染物含量等是其主要影响因素. 可以设想,这些主要因素的强度水平构成连续的 n 维向量空间,而腐蚀结果是该 n 维向量空间伴随时间的映射. 腐蚀并不是处处都强,因而在由主要腐蚀影响因素强度水平构成的该 n 维向量空间中,一定存在若干个腐蚀敏感区域,靠近这些敏感区域腐蚀较强,远离这些区域腐蚀就弱,这正类似 RBF 网络的工作原理. RBF 类型腐蚀预测网

络的隐节点数据中心,可以看作是腐蚀敏感区的中心.

### 2 RBF 网络的构建

以合金元素含量、主要合金元素含量、大气温度、大气相对湿度、大气中 Cl<sup>-</sup> 沉降量、HCl 浓度、SO<sub>3</sub> 沉降量、SO<sub>2</sub> 浓度、时间等 9 个参量为网络输入,以年腐蚀增重为网络输出. 总共 217 组数据,经归一化后随机排序. 以前 200 组为训练样本,后 17 组为测试样本<sup>[1-4]</sup>.

以 MatLab 神经网络工具箱中的 newrb 函数建立 RBF 网络<sup>[6-8]</sup>. 有关参数为:goal (网络训练目标): MSE = 0.01; epoch (最大训练次数,也即最大神经元数目): 100; spread (扩展常数): 0.25i, i = 1:7.

### 3 RBF 网络性能分析

表 1 是 17 组测试样本在 spread 不同的 RBF 网络的神

Table 1 Neutral units and simulation error

spread	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75
neurons	36	44	74	75	90	97	92
relative error means	0.3541	0.3768	0.7929	0.6619	0.4729	0.8847	0.8638

收稿日期:2008-07-24 初稿;2009-01-05 修改稿

作者简介:韩德盛(1972 -),男,博士,讲师,研究方向为材料腐蚀与防护.

Tel: 13950171269 E-mail: desheng@xmu.edu.cn

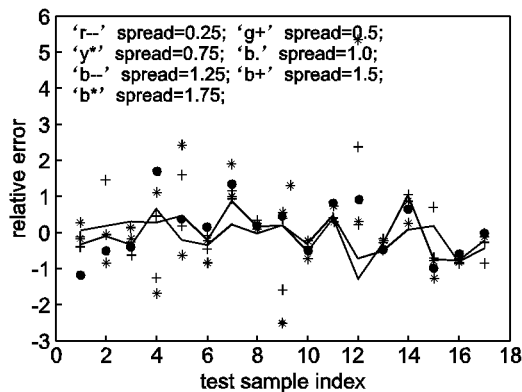


Fig. 1 Relative error of network output for 17 test samples

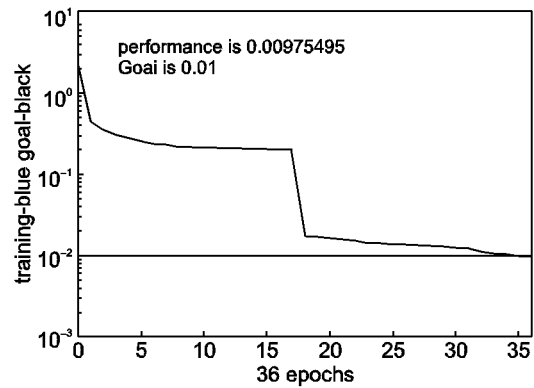


Fig. 2 Network training course (spread = 0.25)

Table 2 Corrosion data of LF2Y2 aluminum alloys tested for 10 year at Jiangjin

	total amount of alloying elements	amount of Mg, Cu and Mn	temperature / °C	relative humidity / %	HCl / mg/m <sup>3</sup>	Cl <sup>-</sup> / mg/100cm <sup>2</sup> ·d	SO <sub>3</sub> / mg/100cm <sup>2</sup> ·d	SO <sub>2</sub> / mg/m <sup>3</sup>	time / a	weight loss / μm/a
true value	3.156	2.26	17.9	81	0.0018	0.0063	0.8489	0.2718	10	0.52
unitized data	0.2411	0.226	0.458	0.7742	0	0.0003	1	1	1	0.0448

神经元数和仿真误差。图 1 是 17 组测试样本的网络输出相对误差。可以看出, spread = 0.25、0.5、1.25 时具有较小的仿真误差, 平均相对误差均小于 0.5。其中 spread = 0.25 的网络结构最精简, 训练 36 次, 有 36 个神经元, 平均相对误差最小, 为 0.3541, 是最优选择。考虑到 spread 越大, 函数越平滑, 也可以选择 spread = 1.25, 训练 90 次, 有 90 个神经元的网络。

#### 4 RBF 网络实际应用

以对防锈铝 LF2Y2 在重庆江津 10 年的腐蚀预测为例来介绍该网络的应用, 相关数据见表 2。在 MatLab 主窗口中输入程序:

```
p = []
t = []
tp = [0.2411 0.226 0.458 0.7742 0 0.0003 1
      1 1]
net = newrb(p,t,0.01,0.25,100,1)
nt = sim(net,tp)
网络训练过程见图 2。程序返回结果:
nt = 0.0433
```

反归一化得 0.50。与真实腐蚀速度值 0.52 μm/a 相比, 相对误差仅为 -3.34%。具有相当好的预测精度。

#### 5 结论

1. 根据 RBF 网络构建原理与腐蚀过程的相似性, 构建

了 RBF 网络, 用于铝合金在外场大气环境中的腐蚀预测, 并赋予 RBF 网络隐节点数据中心是腐蚀敏感区中心的物理意义。

2. 相较常用的函数拟合建立腐蚀预测模型的方法以及 BP 模型, RBF 腐蚀预测模型更直观, 更简捷, 预测精度也满足要求。该网络可以随着外场腐蚀数据的增多不断改进, 有很好的实际应用前景。

#### 参考文献:

- [1] 刘存玉, 李裕仁, 关淑菊. LB733 耐蚀高强铝合金抗海洋大气腐蚀性能研究[J]. 材料工程, 1994, 5: 20.
- [2] 尹雪渊. 常用金属材料在海南琼海湿热地区大气腐蚀试验[J]. 环境技术, 1997, 2: 5.
- [3] 朱红幔, 郑弃非, 谢水生. 万宁地区铝及铝合金不同距海点的大气腐蚀研究[J]. 稀有金属, 2002, 6(26): 456.
- [4] 章蕃英. 有色金属铝、铜、钛及其合金在湿热地区广州十年大气腐蚀试验结果[J]. 环境技术 1997, 4: 1.
- [5] 魏海坤. 神经网络结构设计的理论与方法[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005. 40.
- [6] 周开利, 康耀红. 神经网络模型及其 MATLAB 仿真程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005. 10.
- [7] 飞思科技产品研发中心. 神经网络理论与 MATLAB 7 实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005. 21