

文章编号: 1009—2269(2009) 03—0004—04

# 基于 BP 神经网络的汽油抗爆剂敏感性预测<sup>\*</sup>

国 强, 梁成龙

- (1. 兰州理工大学 电信学院, 甘肃 兰州 730050;
2. 中国石油兰州石化分公司, 甘肃 兰州 730060)

**摘要:** 研究了基于 BP 神经网络的建模方法, 将其应用于 93 号汽油调合系统中研究法辛烷值的预测, 考虑了 93 号高牌号汽油调合生产中组份比例、MMT 加入比例、罐底油量、满罐油量、罐底辛烷值和空白辛烷值对成品辛烷值的影响, 利用该模型对兰州石化公司实测值进行训练和测试。应用结果表明, 该模型的预测精度完全能达到工业生产的要求, 基本合理可靠。

**关 键 词:** BP 神经网络; 93 号汽油; 汽油调合; 研究法辛烷值

**中图分类号:** TP 389.1 **文献标识码:** A

## 0 引言

汽车工业的发展, 节能和环境保护的紧迫性, 推动着汽油产品更新换代。为满足新的汽油规格, 兰州石化公司面临的一个重要问题是如何提高 93 号和 97 号高牌号汽油的产量。炼油加工工艺改进方法和高辛烷值组份调合方法虽是提高牌号汽油的主要手段, 但存在着投资大、资源有限、以及改变汽油的馏程等问题, 往往不易实现最佳生产组合和缺乏适度的灵活性。特别是生产高辛烷值汽油时, 单纯采用炼油加工工艺改进方法和高辛烷值组份调合方法达到目标比较困难或代价较高。实践证明, 添加汽油抗爆剂是提高汽油抗爆性能经济有效的方法。世界各国生产的汽油中, 除有特殊要求外, 都采用加入一定数量的抗爆剂作为提高汽油辛烷值的一种补充手段。

汽油抗爆剂将在汽油性质中起重要作用是单纯的转化工艺如催化重整、催化裂化和延迟焦化都不能经济地提供符合强制性硫和烯烃含量规格的燃料, 而靠深度加氢处理达到这一要求, 人们又担心烯烃加氢会使汽油辛烷值下降。在许多场合,

当辛烷值损失仅为 1~3 个单位时, 与工艺法相比, 添加剂在改进辛烷值方面的成本效率率要高得多。

近几年来, 随着兰州石化公司千万吨级炼厂的建成, 原油加工量不断增加, 汽油的产量也随之猛增, 由于汽油组分质量等种种原因, 汽油调合中辛烷值和抗爆指数有时候总是达不到质量要求, 因此, 在调合时需加入的高辛烷值汽油组分比例也随之增加, 这样一来, 无形中增加了高牌号汽油的调合成本。

本文针对 93 号汽油调合中加入 MMT 抗爆剂对研究法辛烷值的影响问题, 采用 BP 神经网络的方法对 93 号汽油研究法辛烷值建模。仿真结果表明基于 BP 神经网络模型的预测值与化验值吻合得较好, 预测结果的精度较高, 较好的跟踪了 93 号汽油研究法辛烷值的变化趋势。

### 1 BP 神经网络理论

BP 神经网络是将 Widrow—Hoff 学习算法推广到多层神经网络和非线性转换函数的基础上产生的。Widrow—Hoff 学习算法是近似最速下降

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2009-03-01  
作者简介: 国 强(1982), 男, 山东阳谷人, 助教, 硕士。

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

法,其性能指标是均分误差,是一种有监督学习方法.BP 神经网络应用最为广泛的神经网络,在实际应用中决大部分神经网络模型是采用 BP 网络和它的变化形式,它是前向网络的核心,主要应用于函数逼近、模式识别、分类、数据压缩等领域.图 1 是 BP 神经网络的结构示意图及单个神经元模型.

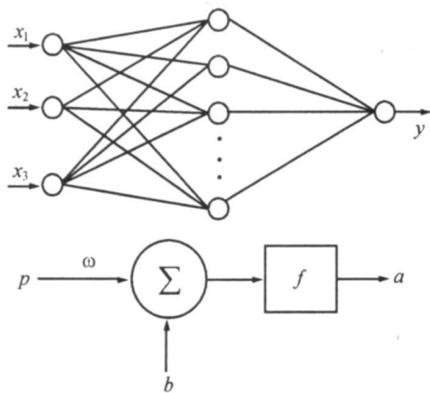


图 1 BP 神经网络结构示意图及单个神经元模型

对每个神经元:

$$\alpha=f(p\times\omega+b).$$
 (1)

BP 网络采用的是有监督学习,设一个 BP 神经网络有 L 层,对应每层有  $(n_1、n_2、\cdots n_L)$  个神经元,给定 N 个样本  $(x_k,y_k)$ ,对每个训练样本网络训练误差为:

$$E_k=\frac{1}{2}\sum_{j=1}^L\sum_{i=1}^{n_i}(y_{ij}-\bar{y}_{ij})^2.$$
 (2)

其中  $\bar{y}_{ij}$  为实际输出值,总误差为:

$$E=\frac{1}{2N}\sum_{k=1}^NE_k.$$
 (3)

反向传播算法就是不断修正网络权初值,直至总误差降低到可接受范围,修正权值公式如下:

$$\omega_{ij}=\omega_{ij}-\mu\frac{\partial E_k}{\partial \omega_{ij}}.$$
 (4)

$\mu$  为学习速率,一般  $\mu=0.01$  至  $1$ .

Widrow-Hoff 学习算法太慢,加速训练的技

术大致分两种:启发式技术,如:变化学习率、有弹性学习方法和数值优化技术,如:共轭梯度、类似牛顿法、Levenberg-Marquardt 方法.BP 学习算法对网络进行训练,其学习步骤如下:

- 1) 初始化网络,对网络参数及各权系数进行赋值,其中权系数应取随机数;
- 2) 输入训练样本,计算各层的预报值,并与真实值相比较,得出网络的输出误差;
- 3) 依据误差反向传播规则,调整隐层之间以及隐层与输入层之间的权系数;
- 4) 重复步骤(2)和(3),直至预测误差满足条件或训练次数达到规定次数.

BP 网络训练完成之后,得到的权系数就是一个预测模型.本文就是利用 93 号汽油调合中组份比例、MMT 加入比例、罐底油量、满罐油量、罐底辛烷值和空白辛烷值等参数与成品油辛烷值变化的关系对 BP 网络进行训练,以得到预测模型;然后利用该模型来预测 93 号汽油达到合格标准实际应加入汽油抗爆剂的比例.

2 汽油抗爆剂敏感性预测模型建立

2.1 数据的预处理

对兰州石化公司 93 号高牌号汽油调合进行任意选取 102 组,首先根据调合生产工艺中各个调合组份比例进行数据预处理,对于其中 5 组因为人工输入造成的不符合进行剔除.按照随机抽取的原则,任意抽取 35 组数据作为检验 BP 网络效果的独立样本,剩下的 62 个采样点数据作为 BP 网络的训练数据集.另外,调合组份比例、MMT 加入比例、油量和辛烷值在数值上存在很大差异,因此需要进行归一化处理,文中采用区间变换技术,将采样点的数值均变换到区间[0,1]中.归一化处理后的数据如下:

表一:油品有效采样数据归一化处理完成表

生成油	催化汽油	MTBE	异辛烷	MMT 加入比例	罐 底 辛烷值	罐底 油量	空白 辛烷值	总油量	成 品 辛烷值
0.3460	0.6480	0.6310	0.0110	0.2310	0.8000	0.5280	0.5880	0.8720	0.6670
0.3490	0.6480	0.6210	0.0110	0.1540	0.8000	0.5270	0.8240	0.8640	0.8330
0.3860	0.5680	0.7280	0	0	0.8000	0.5330	0.8240	0.8570	0.6670

生成油	催化汽油	MTBE	异辛烷	MMT 加入比例	罐 底 辛烷值	罐底 油量	空白 辛烷值	总油量	成 品 辛烷值
0. 2150	0. 3240	0. 0780	1. 0000	0. 2310	0. 5000	0. 0430	0. 4710	0. 0140	0. 5830
0. 2820	0. 5600	0. 3300	0. 4130	0. 2310	0. 6000	0. 5220	0. 4710	0. 8740	0. 5830
0. 2850	0. 5560	0. 3300	0. 4130	0. 2310	0. 8000	0. 5110	0. 4710	0. 8570	0. 5830
0. 3560	0. 5840	0. 6310	0. 0840	0. 3080	0. 4000	0. 5330	0. 4710	0. 8520	0. 5830
0. 1850	0. 5520	0. 6210	0. 4190	0. 0770	0. 8000	0. 5040	0. 8240	0. 8630	0. 8330
0. 0400	0. 7400	0. 8350	0. 2740	0. 1540	0. 8000	0. 5980	0. 8820	0. 8520	0. 9170
0. 1510	0. 6640	0. 7380	0. 2510	0. 1540	0. 9000	0. 5430	0. 8240	0. 8510	0. 8330
0. 2150	0. 7000	0. 8060	0. 0560	0. 0770	0. 6000	0. 5310	0. 8820	0. 8560	0. 8330
0. 1210	0. 7960	0. 9220	0. 0110	0	0. 8000	0. 5610	0. 8820	0. 8470	0. 8330
0. 1880	0. 7240	0. 9130	0. 0060	0. 3850	0. 8000	0. 5330	0. 4710	0. 8490	0. 9170
0. 2180	0. 6400	1. 0000	0. 0220	0	0. 4000	0. 0650	0. 7650	0. 0170	0. 8330
0. 0340	0. 6200	0. 6600	0. 5530	0. 2310	0. 4000	0. 4790	0. 2940	0. 8320	0. 6670
0. 0400	0. 7200	0. 6310	0. 4190	0. 0770	0. 4000	0. 5090	0. 3530	0. 8340	0. 1670
0. 0400	0. 7280	0. 6120	0. 4190	0. 0770	0. 1000	0. 0790	0. 4710	0. 0060	0. 4170
0. 0030	0. 7240	0. 7280	0. 4190	0. 0770	0. 3000	0. 3470	0. 3530	0. 8350	0. 4170
0. 0070	0. 7240	0. 7180	0. 4190	0. 2310	0	0. 4560	0. 4120	0. 8280	0. 5830
0. 0070	0. 7320	0. 7090	0. 4130	0. 2310	0. 6000	0. 5170	0. 4710	0. 8310	0. 6670
0	0. 6880	0. 6210	0. 5360	0. 1540	0. 3000	0. 4730	0. 4120	0. 8360	0. 4170
0	0. 6880	0. 6210	0. 5360	0. 2310	0. 6000	0. 4810	0. 4120	0. 8240	0. 4170
0. 2550	0. 6680	0. 6700	0. 1120	0. 3080	0. 3000	0. 5310	0. 2350	0. 8190	0. 4170
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
0. 1850	0. 7760	0. 7090	0. 0560	0. 3850	0. 8000	0. 0420	0. 4710	0. 0120	0. 8330
0. 1880	0. 8080	0. 7180	0	0. 0770	0. 8000	0. 2830	0. 8240	0. 8410	0. 8330
0. 3930	0. 6440	0. 5240	0	0. 1540	0. 7000	0. 3250	0. 9410	0. 8460	0. 8330
0. 2890	0. 7280	0. 6210	0	0. 2310	0. 8000	0. 5260	0. 8240	0. 8460	0. 8330
0. 2180	0. 8120	0. 6210	0	0. 6920	0. 9000	0. 5190	0. 4120	0. 8460	1. 0000
0. 2250	0. 8000	0. 6310	0	1. 0000	0. 8000	0. 1130	0. 9410	0. 0100	0. 7500
0. 2950	0. 7200	0. 6210	0	0. 8460	0. 8000	0. 5010	0. 5290	0. 8460	0. 9170
0. 3860	0. 5680	0. 7280	0	0. 1540	0. 9000	0. 2880	0. 8240	0. 8420	0. 8330
1. 0000	0	0. 3300	0	0. 2310	0. 8000	0. 4950	0. 8240	0. 8280	0. 8330
0. 4030	0. 5400	0. 7480	0	0. 3850	0. 7000	0. 4560	0. 5290	0. 8410	0. 8330
0. 4400	0. 5040	0. 7280	0	0. 0770	0. 9000	0. 4890	1. 0000	0. 8460	0. 8330
0. 3560	1. 0000	0. 7380	0	0. 5380	1. 0000	0	0. 4710	0. 0120	0. 7500
0. 3960	0. 5440	0. 7570	0	0. 6150	0. 9000	0. 3320	0. 4710	0. 8360	0. 7500
0. 3860	0. 6520	0. 5240	0	0. 4620	0. 7000	0. 4930	0. 5880	1. 0000	0. 9170
0. 3590	0. 6000	0. 7280	0	0. 2310	0. 8000	0. 5440	0. 8820	0. 8220	1. 0000
0. 2850	0. 8040	0. 4270	0. 0110	0. 4620	0. 7000	0. 2540	0. 3530	0. 8570	0. 6670
0. 3120	0. 7280	0. 5530	0	0. 4620	0. 8000	0. 4930	0. 4710	0. 8390	0. 6670
0. 4830	0. 3360	0. 0870	0. 5310	0	0. 8000	0. 4910	1. 0000	0. 8550	0. 8330
0. 3150	0. 5720	0	0. 5310	0. 2310	0. 7000	0. 5190	0. 5290	0. 8620	0. 9170

2.2 BP 网络的参数选择和训练

本文采用三层神经网络( 输入层、隐层和输出层), 即如图 1 所示的结构. 隐层节点数是影响神经网络性能的重要参数之一. 隐层节点数少, 则网络不能充分反映输入节点与输出节点之间的复杂函数关系; 但隐层节点数过多时, 又会出现过拟合现

象. 实验结果表明: 当隐层节点数分别为 29 时, BP 网络的性能较好. 结果如图 2 所示.

2.3 利用 BP 神经网络拟合的辛烷值预测曲线

由计算值曲线与神经网络仿真值曲线的比较可以看出, 计算值与实测值相当吻合, 说明本文的基于 BP 神经网络 93 好高牌号汽油辛烷值敏感性

计算机仿真结果是可靠的. 结果如图 3 所示.

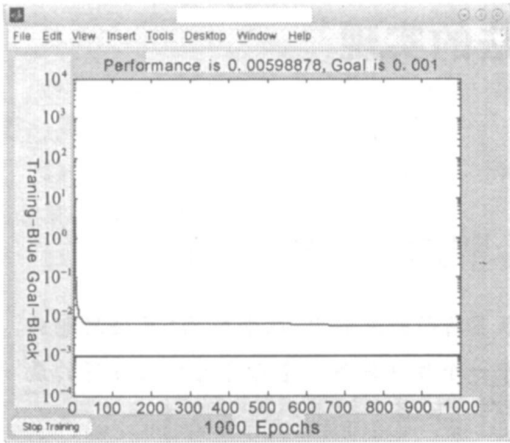


图 2 BP 网络的步长一误差曲线

### 3 结语

综合以上的分析可知, BP 神经网络能很好地模拟非线性系统, 因此能很好地拟合 93 号高牌号汽油辛烷值敏感性曲线. 结果表明, 只要选取了合适的网络结构, 网络便能经训练得到各节点之间的权值和阈值, 输入 93 号高牌号汽油调合的组份比例、MMT 加入比例、罐底油量、满罐油量、罐底辛烷值和空白辛烷值等已知参数, 就可以得到 93 号高牌号汽油辛烷值敏感性曲线, 而且精度完全满足要求, 大大指导了 93 号高牌号汽油的调合生产, 调高了汽油的一次调合合格率, 降低了汽油的调合成本.

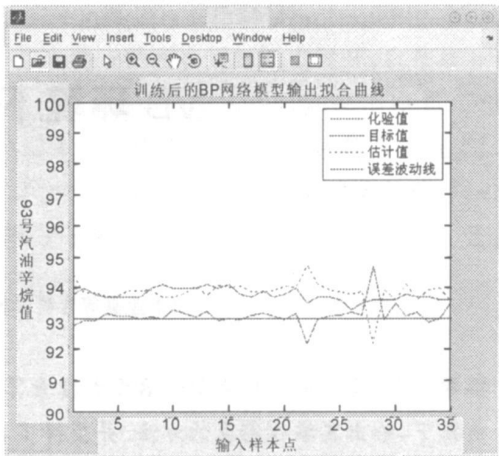


图 3 BP 网络的 93 号高牌号汽油辛烷值预测

### 参考文献:

[1] 李美霞, 林维明. 我国汽油添加醚类生产的进展[J]. 天然气化工, 1999, 24(2): 53-57.

[2] 方云进, 肖文德, 陆婉珍. 碳酸二甲酯作汽油添加剂的应用进展[J]. 现代化工, 1998(4): 20-22.

[3] 朱云霞. 茂基锰高效汽油添加剂[J]. 精细石油化工文摘, 1999, 13(4): 72-76.

[4] 朱大奇, 史 慧. 人工神经网络原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006.

[5] 周诗崇, 张文信, 吴 明. 基于人工神经网络的含水原油视粘度计算[J]. 油气储运, 2004, 23(3): 15-18.

[6] 张青松, 张 娟. 基于人工神经网络原油中气油体积比预测模型研究[J]. 石油工业计算机应用, 2007, 15(4): 31-34.

## The Sensitivity of Gasoline Antiknock Forecast Based on BP Neural Network

GUO Qiang, LIANG Cheng-long

(1. Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China;

2. Lanzhou Petrochemical Corporation of CNPC, Lanzhou 730060, China)

**Abstract:** Modeling method based on BP neural network is studied, in which the No. 93 high-grade gasoline is applied to the gasoline blending system in the forecast of octane number. It considered the No. 93 high-grade gasoline blending components in the production ratio, of the Join ratio MMT, the bottom of oil cans, full fuel tank, the tank with the bottom and the blank octane number impact on the finished octane number. This model is used in training and testing for Lanzhou Petrochemical Company proceeded, the result shows that the forecast accuracy of the model achieves the requirements of industrial production, which is reasonable and reliable.

**Key words:** BP neural network; No. 93 high-grade gasoline; gasoline blending; research octane number