

# BP 网络在火成岩岩石化学判别分类中的应用

刘凤英<sup>1</sup>,张楠<sup>2</sup>,郎伟民<sup>1</sup>

(1.吉林省第六地质调查所,吉林 延吉 133001;2.新疆维吾尔自治区地质矿产局第十地质大队,新疆 和田 848000)

**摘 要:**现有的火成岩分类方案中,存在某些岩类在分类图解上没有空间、岩类因控制参数少,投影重叠以及含有玻璃质导致一些岩石分类错误等问题.提出了以火成岩的  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$  等 11 个氧化物成分为变量,利用人工神经网络 BP 网络建立火成岩岩石化学分类模型.研究表明该分类方法是合理的、可行的,取得了良好的判别分类效果,对 46 个检验样本的判对率达 97.8%.

**关键词:**火成岩;岩石化学;BP 网络;判别分类

## 1 火成岩分类中的问题

火成岩岩石分类的研究,许多岩石学家在这一方面作了大量的工作,提出了很多分类方案,到目前为止,还没有一个为大家所公认的分类方案,目前的各种方案或多或少存在一些问题.

国际地科联(IUGS)火成岩分会分别于 1972 年、1979 年提出了深成岩分类和火山岩分类的 QAPF 图解<sup>[1~6]</sup>.在分类图解中,对于暗色矿物大于 90% 的岩石在图中均没有位置,须另用分类图表解决;火成岩成因的碳酸岩类在 QAPF 图中也无法加以解决;还有 QAPF 图解中各岩类之间的边界线,实际上是根据大量岩石投点、统计而划分出来的,边界上各岩类间基本都有重叠,这样可能会造成分类的失误.1986 年,IUGS 火成岩分会推荐了火山岩分类的 TAS 图解,极好地解决了 QAPF 图解里中、基性岩的投影空间重叠问题<sup>[3,7,8]</sup>.Middlemost 又于 1994 年发表文章,对 TAS 分类作了适当的改正,并提出了深成岩的 TAS 图解分类方案.这 2 个分类方案完全相对应,使用比较方便.但这些 TAS 图解中也没有解决超基性岩的位置问题,同样也没有碳酸岩的投影空间.TAS 图解中仍然存在着分类界限部分重叠的问题,其本身无法加以解决.鉴于上述问题,在很好地研究了目前所使用的分类法中的优缺点的基础上,作者提出了火成岩岩石化学 BP 网络分类法,以岩石化学分析的 11 个氧化物为变量,采用 BP 网络学习算法,建立了火成岩岩石化学分类模型,在高维空间中,进行火成岩的判别分类,取得了很好的效果.

## 2 人工神经网络——BP 网络分类模型

### 2.1 建立 BP 网络分类模型

关于 BP 网络原理,见文献[9~12].图 1 是用于火成岩岩石化学判别分类的 BP 神经网络结构图,它是由输入层、中间层(隐层)、输出层组成的 3 层网络,加上神经门处理器使网络输出值转换成岩石(类)名称.其中输入节点为 11 个,代表岩石化学分析中的  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MnO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$  11 个氧化物,隐层节点为 11 个,输出节点为 18 个,分别代表 18 种火成岩岩类.相邻两层节点之间实现全连接,层内无连接.其算法包括正向和反向两种训练过程,具体训练步骤如下:

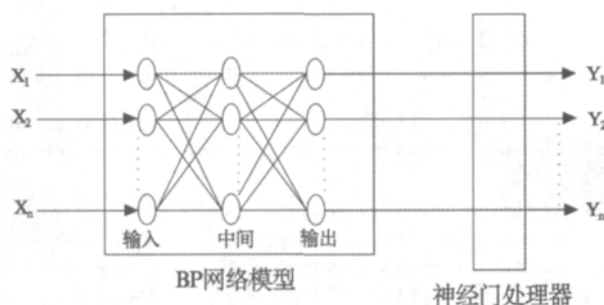


图 1 用于火成岩岩石化学分类的人工神经网络结构

Fig.1 The artificial neural net used in the chemical classification of igneous rocks

- (1) 网络初始化.赋值于相邻两层节点间的连接权值及中间层、输出层节点的阈值,其值为(-1,1)间随机数.
- (2) 输入一个学习样本.
- (3) 计算隐层节点值  $b_j$  及输出节点值  $C_i$ :

$$b_j = f\left(\sum_{i=1}^n w_{ij}a_i + \theta_j\right)$$

$$c_t = f\left(\sum_{j=1}^p v_{jt}b_j + \gamma_t\right)$$

式中:  $\theta_j$  与  $\gamma_t$  ——隐节点和输出节点的阈值;

$w_{ij}$  与  $v_{jt}$  ——输入层与隐层、隐层与输出层之间的连接权值。

函数  $f(x)$  为 S 型函数,  $f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ 。

(4) 计算样本网络输出值  $C_t$  与目标信号值  $Y_t$  误差。

$$d_t = (y_t - c_t)y_t(1 - y_t)$$

误差  $d_t$  在反向传递过程中,传播到隐节点处的误差为:

$$e_j = \left[\sum_{t=1}^p d_t v_{jt} b_j (1 - b_j)\right]$$

(5) 分别沿相对误差  $d_t$  与  $e_j$  的减小方向按下式调整各层间的权值和阈值。

$$v_{jt}(N+1) = v_{jt}(N) + \Delta v_{jt} + \Delta \gamma_t$$

$$w_{ij}(N+1) = w_{ij}(N) + \Delta w_{ij} + \Delta \theta_j$$

式中:  $\Delta v_{jt} = \alpha d_t b_j$ ;  $\Delta \gamma_t = \alpha d_t$ ;

$$\Delta w_{ij} = \beta e_j a_i$$
;  $\Delta \theta_j = \beta e_j$

以上各式中,  $\alpha$ 、 $\beta$  为学习率,一般取值范围为 (0.1, 1)。笔者采用变学习率,即使用相对误差为其学习率,使误差收敛的速度较快,  $N$  代表学习的次数。

(6) 重复(2)~(5),所有样本循环计算一次。

(7) 计算全局误差:  $E = \frac{1}{2n} \sum_{k=1}^n \sum_{t=1}^q (y_t - c_t)^2$

当  $E$  小于指定的精度  $\varepsilon$  时,停止训练。否则重复(2)~(7),直到  $E < \varepsilon$  为止。

(8) 输出  $w_{ij}$ 、 $v_{jt}$  和  $C_t$ ,经过神经门处理器处理,得到各岩类的名称。

## 2.2 BP 网络的训练

选取 1 087 个各类火成岩的化学成分数据,以 11

个氧化物  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MnO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$  作为判别分类的变量,也就是说输入层的神经元为 11 个。各类岩石在 BP 网络中的希望输出用 0、1 表示,结果列于表 1。其中序号代表岩类,经过神经门处理器,可得到岩类名称。18 种岩类分别为:(1)花岗岩(流纹岩);(2)花岗闪长岩(英安岩);(3)闪长岩(安山岩);(4)辉长闪长岩(玄武安山岩);(5)辉长岩(玄武岩);(6)橄榄岩(苦橄岩);(7)花岗二长岩(粗面英安岩);(8)二长岩(粗面安山岩);(9)二长闪长岩(玄武质粗安岩);(10)二长辉长岩(粗面玄武岩);(11)副长辉长岩(碱玄岩);(12)正长岩(粗面岩);(13)副长正长岩(响岩);(14)副长石二长正长岩(碱玄质响岩);(15)副长石二长闪长岩(响质碱玄岩);(16)副长深成岩(副长火山岩);(17)碳酸岩;(18)金伯利岩。程序采用 C 语言编制,主程序训练时运行耗时 2 个小时左右,迭代 40 000 次,全局误差收敛到 0.058 1。得到的权值矩阵列表于表 2、3 中。

## 3 火成岩分类中的应用

建立火成岩岩石化学 BP 网络分类法的目的是为了应用,那么实际分类效果如何是衡量分类法是否有效的最好途径。为了验证 BP 网络的实用性,另外搜集了 46 个公开发表的火成岩样品,其岩石化学数据及判别分类结果列于表 4。由表 4 可以看出,绝大多数岩石样品的分类结果与该岩石的原名称一致,但个别岩石的名称有出入。我们就分类结果与原名称不一致的岩石样本进行分析,查找原因。

通过 BP 网络火成岩岩石化学分类模型对上述 46 个样品进行了判类分析,除 6、7、9、13、14 及 36 号样品外,分类名称均与原名一致,判类正确。而 6、7、9 号岩石样品的里特曼指数分别为 6.73、3.14、4.83,

表 1 火成岩各岩类的希望输出值  
Table 1 The expected outlet numerals of each classification of igneous rock

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
(1)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(2)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(4)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(5)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(6)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(7)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(8)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(9)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(10)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
(11)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
(12)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
(13)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
(14)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
(15)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
(16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
(17)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
(18)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

表 2 BP 网络输入层/中间层权值 $\{W_{ij}\}$ 矩阵Table 2 BP net-work input and middle wall numeral  $\{w_{ij}\}$  matrix

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.08	-0.65	35.57	21.62	22.93	2.160	6.400	6.610	-46.74	-40.48	10.86
2	-3.79	-2.01	-3.57	-5.48	11.03	-0.51	24.81	1.83	-3.95	-17.35	-4.98
3	-14.85	-12.0	-2.11	-11.3	-1.88	-0.18	8.92	-6.73	5.12	7.45	1.74
4	8.24	1.48	4.02	4.70	-20.6	-64	-1.77	1.00	1.73	2.40	-9.47
5	-5.34	-8.15	-0.09	3.76	-3.17	0.01	35.84	0.37	8.25	-3.48	1.47
6	-19.13	10.82	6.53	0.92	-1.86	0.45	10.09	-4.60	-0.82	21.29	3.14
7	0.82	-8.25	-4.12	2.93	-14.1	-0.18	1.35	-2.69	5.63	4.29	8.49
8	1.50	7.46	-2.49	10.31	-30.9	2.32	-2.70	1.22	2.70	6.17	-6.39
9	35.50	40.18	-35.7	-25.5	28.33	-1.40	0.16	7.88	18.01	13.94	57.19
10	50.46	51.41	-43.6	-23.2	24.58	0.93	10.54	12.98	20.01	-2.02	50.20
11	5.23	-11.2	2.29	0.63	-7.45	-0.02	-5.37	2.31	3.96	-10.80	13.69

表 3 BP 网络中间层/输出层权值 $\{V_{ji}\}$ 矩阵Table 3 BP net-work middle and output wall numeral  $\{V_{ji}\}$  matrix

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-1.29	-1.10	1.99	-1.59	-4.48	-12.03	0.54	10.41	2.31
2	1.70	-8.01	-10.96	-15.40	-15.20	-20.68	-0.93	-9.62	-10.47
3	0.62	14.24	13.85	3.68	-6.66	8.55	13.65	2.44	0.77
4	10.94	-2.05	2.64	-4.49	-0.07	9.52	-1.29	-3.15	-7.47
5	14.30	7.22	-10.54	-74.57	-12.84	-0.06	10.32	-3.46	-8.60
6	-22.16	-3.50	-7.73	-2.58	0.72	-7.03	-7.36	-3.09	-0.43
7	10.59	-3.55	2.30	10.89	-0.41	-3.90	4.08	-2.80	5.38
8	-15.22	-5.04	-4.51	-0.74	9.70	-4.00	-5.90	-3.65	-3.95
9	-7.26	-11.01	-45.37	-22.19	-3.93	20.44	-14.36	-13.76	-4.45
10	-4.12	-5.19	-15.56	-14.77	-8.60	11.68	-5.35	-5.23	-45.75
11	26.78	-2.31	9.80	1.81	-42.23	-20.84	-5.77	6.54	1.89

	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	4.22	4.17	26.69	-2.90	6.58	5.96	21.81	9.62	-15.74
2	4.02	-13.52	0.98	6.10	-3.48	6.84	-1.80	4.27	7.56
3	29.40	-17.14	7.08	19.80	-6.71	-13.42	-1.29	-5.21	-4.75
4	25.74	-15.87	-9.73	-15.78	-12.99	5.70	-1.68	-5.36	2.09
5	4.98	-3.65	-7.58	21.65	-6.78	-23.92	-5.78	-3.40	-2.96
6	3.84	4.96	-15.14	-10.24	-3.23	-0.65	-21.17	-3.75	-1.51
7	4.90	-4.79	-12.21	-3.39	-19.54	-4.31	7.52	-12.30	0.102
8	3.14	-3.92	-11.77	-4.47	-1.70	0.34	-9.41	3.01	-0.77
9	-16.22	22.80	-25.95	-6.33	-2.53	-0.56	22.11	-1.68	2.09
10	2.81	-11.81	-5.80	-5.84	-17.72	-31.95	7.35	4.49	0.90
11	-22.87	-1.47	32.13	10.22	27.30	0.45	5.87	-3.05	-2.29

岩石碱性程度较高,按里特曼指数推断岩石中均应有碱性长石存在,从岩石化学角度作出二长岩的分类名称应该符合该岩石性质;13、14 号中原名称为石英斑岩,即岩石中含有斑状石英矿物,这是使用化学成分无法识别的,但从成分来看,判别成花岗闪长岩及花岗岩是正确的.因此,除了 36 号岩石没有识别外,其余判别均正确,判对率为约 97.8%.

通过以上分析可以看出,利用 BP 网络进行火成岩岩石化学判别分类是可行的.我们只要分析获得岩石的化学成分,通过该方法就很容易得到岩石类名称.但通过岩石化学分类无法判断是深成岩还是火山岩,需要通过手标本等其他方法加以鉴别.

## 4 结论

综上所述可知,利用 BP 网络算法建立了用于火

成岩岩石化学判别分类模型,并用 46 个样本进行了验证分析,证明使用 BP 网络火成岩岩石化学分类方法对火成岩的分类研究是可行的、有效的.火成岩的 BP 网络分类算法判别岩类的准确率可达 97.8.

## 参 考 文 献

- [1] 邱家骥,林景仟.岩石化学[M].北京:地质出版社,1991.
- [2] 孙鼎,彭亚鸣.火成岩岩石学[M].北京:地质出版社,1985.
- [3] 邱家骥.岩浆岩石学[M].北京:地质出版社,1985.
- [4] R. w. Le maitre. A New Approach to the Classification of Igneous Rocks Using the Basalt -Andesite -Dacite -Rhyolite Suite as an Example, Contrib[J]. Mineral. 1976, 156,191-203.
- [5] A. Streckeisen. Classification of and nomenclature of volcanic rocks[J]. Cintrib. 1978, 170.
- [6] A. Streckeisen, R. w. Le maitre. A chemical approximation to the modal QAPF classification of the igenous rocks[J]. Neues Jahrb. Mineral. Abh. 1978,136(2),
- [7] Le Bas M J, Le maitre A R w. Streckeisen and Zanettin, A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram[J]. Journal of Petrology,1986, 27,745-750.
- [8] Eric A K. Middlemost 著,汪雄武译.岩浆/火成岩系统中岩石的分类和命名[J].国外花岗岩,1995,3.

表 4 火成岩岩石化学成分及其 BP 网络分类结果列表

Table 4 Components of igneous rocks and tables of BP net-work classification results

岩石原名	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	资料来源	BP 网络分类
1 辉长岩	49.7	0.45	15.51	2.58	3.78	0.09	9.06	14.91	1.74	0.08	0	张旗等 1995	辉长岩
2 辉长岩	50.48	0.45	14.77	2.7	4.02	0.1	10.16	14.18	1.74	0.07	0	同上	辉长岩
3 辉长岩	49.48	0.39	16.73	2.63	3.54	0.08	8.62	13.98	2.14	0.08	0	同上	辉长岩
4 辉长岩	47.12	0.4	12.65	4.42	4.22	0.12	14.07	12.76	1.32	0.07	0	同上	辉长岩
5 辉长岩	49.02	0.35	15.84	3.09	3.57	0.09	9.14	13.56	2	0.07	0	同上	辉长岩
6 闪长岩	55.65	0.64	16.78	3.32	2.69	0.12	2.64	7.65	7.35	1.88	0	马吉群等 1987	二长岩
7 闪长岩	62.3	0.43	17.66	3.52	1.54	0.03	1.31	4	5.7	2.33	0	同上	二长岩
8 二长岩	63.33	0.36	17.99	2.33	1.04	0.06	0.7	2.89	5.2	4.8	0	同上	二长岩
9 闪长岩	61.3	0.56	16.56	3.38	1.46	0.06	1.91	3.63	5.7	3.7	0	同上	二长岩
10 花岗岩	75.8	0.08	12.25	0.04	1.48	0.02	0.35	0.73	4.15	4.9	0	同上	花岗岩
11 二长岩	60.75	0.51	18.03	4.2	1.05	0.08	1.42	4.1	5.93	3.07	0	同上	二长岩
12 闪长岩	61.89	0.5	15.38	1.2	4.15	0.16	4.11	5.31	2.62	2.35	0.11	郑详身 1997	闪长岩
13 石英斑岩	69.21	0.13	14.69	1.65	0.61	0.04	0.21	2.37	2.61	2.69	0.17	同上	花岗闪长岩
14 石英斑岩	77.56	0.05	11.49	0.79	0.45	0.03	0.11	0.05	0.11	8.32	0.01	同上	花岗岩
15 正长岩	60.9	0.38	19.3	1.63	1.65	0.13	0.73	3.25	5.14	5.73	0.15	包志伟 1996	正长岩
16 玄武岩	45.48	1.05	16.18	2.99	9.08	0.19	9.79	10.02	2.06	0.71	0.08	于津海等 1997	玄武岩
17 玄武岩	46.13	1.32	16.86	5.85	6.85	0.21	6.37	7.78	0.19	4.03	0.07	同上	玄武岩
18 玄武岩	48.99	1.41	15.7	2.87	8.82	0.19	7.3	8.64	0.31	0.78	0.12	同上	玄武岩
19 流纹岩	75.69	0.21	12.17	1.15	1.03	0.04	0.29	0.59	3.24	5.24	0.02	同上	流纹岩
20 流纹岩	74.5	0.21	13.18	1.16	1.09	0.07	0.12	1.45	4.03	5.18	0	同上	流纹岩
21 流纹岩	75.5	0.17	12.5	1.17	1.16	0.05	0.18	0.59	3.11	5.3	0	同上	流纹岩
22 粗安岩	58.17	1.46	15.37	5.45	2.24	0.12	3.1	5.21	3.5	3.77	0.81	郑详身等 1997	粗安岩
23 粗安岩	60.14	1.25	15.78	0.1	5.64	0.1	2.87	4.55	3.63	3.83	0.66	同上	粗安岩
24 粗安岩	62.32	1.02	14.99	1.74	2.81	0.1	2.53	4.15	3.73	4.21	0.5	同上	粗安岩
25 粗安岩	62.47	1.06	15.46	3.52	1.59	0.05	1.77	4.15	3.63	4.32	0.55	同上	粗安岩
26 玄武岩	48.97	1.85	14.64	3.72	8.17	0.18	6.12	7.78	3.34	0.92	0.24	车自成等 1996	玄武岩
27 玄武岩	49.29	1.66	14.8	2.72	7.32	0.19	6.97	10.51	2.66	0.83	0.19	同上	玄武岩
28 玄武岩	49.93	1.48	16.01	3.02	6.39	0.15	6.08	9.33	2.83	1.38	0.23	同上	玄武岩
29 安山岩	60.46	1.26	15.66	2.1	4.99	0.01	3.59	3.9	3.63	0.54	0.36	张传林等 1997	安山岩
30 流纹岩	78.22	0.1	10.93	0.59	0.46	0.02	0.23	0.38	0.33	7.57	0.03	车自成等 1996	流纹岩
31 英安岩	70.23	0.24	9.44	1.35	0.97	0.08	0.85	6.35	2.99	1.72	0.05	同上	英安岩
32 碱玄岩	44.57	1.97	16.87	4.16	5.73	0.12	5.49	8.67	3.07	1.39	0.28	同上	碱玄岩
33 碱玄岩	49.15	0.96	17.46	1.34	5.86	0.69	3.66	6.37	6.61	0.58	0.35	同上	碱玄岩
34 粗安岩	57.01	0.87	16.37	5.09	1.53	0.03	2.72	2.75	3.55	5.61	0.32	同上	粗安岩
35 粗安岩	56.84	0.94	16.6	2.46	4.03	0.05	2.69	2.53	5.32	3.97	0.38	同上	粗安岩
36 粗安岩	59.18	0.96	17.57	2.52	2.57	0.04	1.93	1.48	5.91	4.62	0.38	同上	新类型
37 粗安岩	57.36	0.77	14.91	2.78	3.19	0.07	3.78	4.31	2.4	4.37	0.16	同上	粗安岩
38 粗安岩	58.24	0.73	14.73	3.15	2.67	0.06	3.46	4	2.68	4.37	0.16	同上	粗安岩
39 流纹岩	73.39	0.19	12.52	1.45	0.41	0	0.6	0.3	2.12	7.3	0.03	同上	流纹岩
40 英安岩	67.98	0.34	14.32	1.87	0.85	0.04	1.58	2.38	4.1	2.39	0.11	同上	英安岩
41 粗面岩	67.66	0.62	15.02	3.16	0.93	0.05	0.49	0.82	4	5.12	0.12	同上	粗面岩
42 粗面岩	68.09	0.62	14.66	3.53	0.42	0.07	0.45	1.05	4.65	4.65	0.09	同上	粗面岩
43 碧玄岩	43.64	1.7	11.71	5.07	8.55	0.15	12.05	7.9	3.65	2.29	0.76	丛柏林等 1996	碧玄岩
44 碧玄岩	43.27	1.65	11.76	4.14	9.47	0.17	11.87	7.92	3.62	2.03	0.84	同上	碧玄岩
45 流纹岩	73.29	0.25	13	1.64	0.06	0.04	0.05	0.42	0.67	9.07	0.07	张传林等 1997	流纹岩
46 流纹岩	78.08	0.18	10.87	1.59	1.07	0.63	0.73	0.42	5.51	0.16	0.07	同上	流纹岩

[9] 焦李成.神经网络计算[M].西安:西安电子科技大学出版社,1993.

[11] 施鸿宝.神经网络及其应用[M].西安:西安交通大学出版社,1993.

[10] 焦李成.神经网络系统理论[M].西安:西安电子科技大学出版社,1992.

[12] 杜延军.基于人工神经网络的膨胀土判别分类方法[J].高校地质学报, 1997,3(2).

## THE APPLICATION OF BP NET IN CHEMICAL CLASSIFICATION OF IGNEOUS ROCKS

LIU Feng-Ying<sup>1</sup>, ZHANG Nan<sup>2</sup>, LANG Wei-Min<sup>1</sup>

(1.The Sixth Geological Survey Znsitiute of JinLin, Yanji, Jilin, 133001, China; 2.No.10 Geological party Xinjiang Geology and mineral Exploration and Development Bureau, Hetian, Xinjiang, 848000, China)

**Abstract:** This essay briefly presents some problems on the classification of igneous rocks nowadays, such as some kinds of rocks have no place in the traditional classification diagrams, some overlapping area exists because of less rock chemical parameters, and some wrong classifications resulted because of the existence of glass matter. Taking the ingredients of the eleven oxides of the igneous rocks as the variable, which include SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, etc., the paper puts forward a new way to set up a chemical classification model of igneous rocks by using artificial neural net-the BP Net. With correct judgment rate of 97.8% on 46 rock samples, the experiment results show that the method is reasonable and feasible.

**Key words:** igneous rocks; rock chemical component; BP net-work; classification