

胶东绿岩型金矿找矿方法研究^①

李洪志

(中国矿业大学北京研究生部)

杨泓清

(中国地质大学·北京)

王登红

(中国地质科学院)

任胜利

(中国科学院地质研究所)

李艳兵

(国家建材局地质研究所)

提要:本文分析了胶东绿岩型金矿一般地质特征;并以找矿为目的,建立了五大类型14种金矿找矿特征分类。提出了用神经网络模型建立胶东绿岩型金矿找矿新方法,并用实例展示了该方法的应用前景。

一、胶东绿岩型金矿一般地质特征

胶东绿岩型金矿分布于胶东绿岩带中,绿岩带西起招远、莱州,东至威海、文登,东西长100公里;南起莱阳,北至蓬莱,南北宽45公里,中间因有花岗岩及中生代地层出露,绿岩带呈残留破碎状分布。在绿岩带中西起栖霞即从草芥至城东沟,百里店至林家寨,下瑶沟至唐家泊,向东南延伸到崖子地区,展布一条长约60公里,宽7公里的脆-韧性构造断裂带。马家窑金矿、百里店金矿、盘子洞金矿、下流口金矿,下阁子金矿和莒家庄金矿等都分布在该脆-韧性构造段裂带中。根据对以上金矿的研究,胶东绿岩型金矿一般地质特征是:

(一)矿床特征

栖霞金矿、莒家庄金矿、百里店金矿、蓬家乔金矿等一般特征是矿体充填在北西315—320°方向张性断裂中,呈左旋斜式排列,如有北北东方向断裂切割,矿体品位加富,矿体边部常伴有两期煌斑岩脉,单个矿体呈透镜状,脉状和似层状,矿体倾角与石英脉或破碎带基本一致,多数倾角为50°~60°,北东倾向。

成矿作用划分为三个阶段:1)早期黄铁矿、石英、菱铁矿阶段,主要矿物有晶体粗大的黄铁矿、石英及菱铁矿;2)金、石英、多金属硫化物阶段,此阶段矿物成分复杂,主要有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、银金矿、自然金、石英等。黄铁矿呈细粒状出现;3)石英、白云石阶段,主要矿物为石英,碳酸盐,是矿化的尾声。

金的赋存状态有裂隙金、晶隙金和包体金,成矿元素组合为Au、Ag、Cu、Pb、Zn、W、

^① 本文1994年2月收到,8月改回

As、Sb、Bi。Au、Ag、Pb、Co、Ni 元素从矿体下部向上部都有升高的趋势,Bi 可作近矿指示元素(表 1)。

表 1 栖霞金矿沿矿体轴向微量元素含量(单位 10^{-6})

中段	样品数	Au	Ag	As	Cu	Pb	Zn	Sb	Bi	Sn	Co	Ni	Mo
193	18	5.4	2.8	112	97	401	63	5.1	5.1	0.48	71.5	44	6.2
172	18	3.5	1.3	129	59	544	45	4.9	17.3	0.32	12.6	7.2	4.2
143	18	7.8	3.2	169	17	60	52	5.5	172	0.15	28	26	5.8
112	18	4.1	1.1	143	184	77	50	5.2	26	0.31	21	26	3
80	18	2.4	2.1	172	44	207	31	8.4	84	0.53	36	38	5.7
50	18	2.5	0.4	374	119	40	12	14	4.4	0.46	38	18	7.6

(二)围岩蚀变特征

胶东绿岩型金矿围岩蚀变极发育,由矿体向围岩较为完整的蚀变类型是:菱铁矿化—黄铁绢英岩化—绢英岩化—绿泥石化(绿帘石化)—钾化,并从矿体为中心呈对称分布。成矿元素 Au、As、Ag、Pb、Cu、Bi 也随这一变化含量整体逐渐降低(表 2)。

表 2 百里店金矿矿体与围岩微量元素含量(10^{-6} 、 Au^{-9})

岩石类型	样品数	Au	As	Ag	Pb	Zn	Cu	Bi
矿体	2	3010	1.81	32.5	1214	8670	72.3	1.13
绢英岩	2	32.1	1.10	2.79	90.5	120	1.68	1.85
矿体	2	752.6	1.89	2.19	98.8	52.5	2.69	1.53
绢英岩	2	65.6	0.95	0.43	64	1886	2.08	1.57
硅化带	2	8.2	2.64	1.61	80	1150	29.2	1.28
绿泥石化带	2	1.15	1.94	1.79	85.9	74.9	100	1.6
糜棱岩	2	1.02	2.38	0.09	5.13	57.9	16.3	1.0
片麻岩	2	1.05	2.57	0.02	2.8	31	5.3	1.24

(三)成矿物质来源及成矿物理化学条件

胶东绿岩型金矿硫同位素组成范围 $\delta^{34}S$ 为 4.0~8.6%,胶东绿岩地层 $\delta^{34}S$ 组成为 3.0—6.8%,二者总体相近、表明矿体与绿岩有成分上的继承关系。栖霞金矿成矿温度大致为 300~150°,成矿压力为 $580 \times 10^5 Pa$,PH 值为 5.4~6.4,含盐度为 $8 \sim 10 Wt \cdot 10^{-2}$ 。

二、金矿找矿特征分类

根据近几年来对山东胶东地区金矿、河北金厂峪金矿、云南哀劳山地区金矿、河南灵宝地区金矿、四川康定黄金坪金矿、新疆阿尔泰地区金矿等实地研究,以找矿为目的,总结了金矿床找矿特征类型。有 14 种之多,可分为五大类,即控矿特征,成矿区域和时代特征、成矿作用特征,矿体形态分布特征和矿床分带及围岩蚀变特征。详细分类如下:

I 控矿地质特征	A 构造控矿	矿床受构造控制	金厂峪金矿
	B 沉积控矿	沉积控矿	哀牢山金矿
	C 岩性控矿	容矿岩性控矿	栖霞金矿
	D 火成岩控矿	矿床受火成岩控制	邓格庄金矿
II 成矿区域和时代特征	A 成矿区域	成矿受区域控制	胶东、冀东地区金矿
	B 成矿时代	成矿与时代密切相关	莒家庄金矿
III 成矿作用特征	A 内生成矿作用	矿床由内生成矿作用控制	邓格庄金矿
	B 外生成矿作用	矿床由外生成矿作用控制	哀牢山金矿
	C 变质成矿作用	矿床由变质成矿作用控制	栖霞金矿
IV 矿体形态特征	A 简单分布	透镜状、单脉等	莒家庄金矿
	B 复杂分布	复脉、网脉等	金厂峪金矿
V 矿床分带及围岩蚀变特征	A 垂向分带	矿物及元素分带规律	邓格庄金矿
	B 纵向分带	矿物及元素分带规律	黄金坪金矿
	C 围岩蚀变	矿物蚀变规律	百里店金矿

三、基于神经网络模型的绿岩型金矿找矿方法(NNIGRN)

(一)神经网络(Neural Network)

基于符号的推理模型是当前人工智能或工程研究中的主流,并在各种应用中取得了一定程度的成功,但其最大的难题是知识获取问题。这个问题一方面体现为人类的知识难以用一些规则来描述,甚至很难用简单的语言来描述;另一方面体现为由于不良结构所产生的知识组合和爆炸问题。神经网络是一种不同于目前人工智能研究中逻辑模型的新的表达方式,是80年代后期兴起的新科学。它在一定程度上模拟了专家凭直觉来解决局部情况的不确定问题。神经网络启发式的并行分布特征和可学习性,为知识表达和获取。为不确定的推理提供了新的途径。

(二)BP学习法(Back-propagation learning Algorithm)

BP学习法是神经网络模型应用最广的算法之一。包括前向传递和后向转递。具体算法如下:

1. 网络初始化
2. 输入一个学习实例
3. 计算隐节点值 h_i

$$h_i = \frac{1}{(1+e) - \sum_{i=1}^m W_{1i} \mu_i}$$

4. 计算输出节点值 M

$$M = \frac{1}{(1+e) - \sum_{i=1}^m W_{2i} \mu_i}$$

其中3)、4)中 μ_i 代表输入节点; h_i 为隐节点, M 为输出节点值; W_{1i} 为输入层与隐节点权重; W_{2i} 为隐节点与输出层权重; $i=0, 1, \dots, m$; $j=1, 2, \dots, m$ 。

5. 计算 M 与目标输出的误差 δ_2

$$\delta_2 = Y - M \quad Y \text{ 为目标输出值}$$

6. 计算隐节点误差 δ_1

$$\delta_{1j} = h_j(1-h_j) \cdot \delta_2 \cdot W_{2j} \cdot M(1-M)$$

7. 计算隐节点与输出节点间权重 W_2 的改变量 ΔW_{2j} , 其中 η 为学习率:

$$\Delta W_{2j} = \eta \cdot u(1-u) \cdot h_j \cdot \delta_2 \quad (j=0, 1, \dots, P)$$

8. 计算输入节点与隐节点之间权重的改变量 ΔW_{1i} :

$$\Delta W_{1i} = \eta \cdot \delta_{1j} \cdot Y_i \quad (i=0, 1, \dots, m; j=0, 1, \dots, P)$$

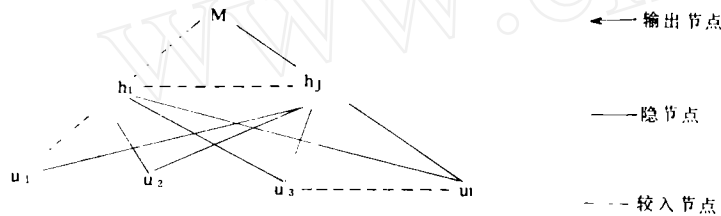
9. 返回 2), 输入下一个实例。

整个学习过程是不断反复迭代的过程, 直到满足收敛要求为止。BP 法很有效地应用到许多不确定问题诊断解释中。

(三) 金矿找矿神经网络模型

在金矿找矿问题中, 我们把金矿的找矿标志作为输入, 诊断评价作为输出, 通过实例学习, 神经网络就象一个“黑箱”一样存贮了专家进行找矿判断的经验和推理机制, 最终给出金矿成矿远景、有关储量、坐标、产状等诊断结果。

如图所示: M 代表诊断结果, h_j 代表隐节点, u_i 代表金矿找矿标志:



金矿找矿神经网络模型

四、找矿实例

该方法在胶东栖霞金矿外围北 30 公里莒家庄金矿和河南灵宝地区金矿 60 号脉找矿研究中得到初步验证, 找矿效果良好, 并用于指导施工。现以莒家庄金矿找矿为例说明:

莒家庄金矿位于栖霞隆起北翼, 主成矿期为晚元古宙, 并受到中生代热液迭加改造, 容矿围岩为前寒武纪绿岩带(黑云变粒岩), 矿体受控于 NW 方向(290—310°)韧性剪切带和 NEE 方向(10°~15°)新华夏系构造带复合部位, 矿体呈不规则状、透镜状、产状变化大, 倾角 42°左右, 矿床规模小, 自矿体中心向两侧蚀变带呈对称分布特征; 即黄铁矿化—黄铁绢英岩化—绿泥石化(绿帘石化)—钾化, 矿体具明显矿物、元素组合的分带特征, 成矿多发生在多金属硫化物石英阶段。找矿类型为 I_{AC} II_{AB} III_C IV_A V_{BC} 型。研究过程为: 用岩石学、构造地质学研究 I_{AC} 型找矿标志; 利用矿床学、岩石学研究 III_C 型、IV_A 型找矿标志; 利用矿物学、矿床学、地球化学、找矿勘查地质学确定 V_{BC} 型找矿标志; 最后利用神经网络 BP 法对以上典型找矿标志进行计算机处理。以上述找矿标志研究为基础, 深入研究了矿化评价体系各指标的类型、意义, 标值范围, 确定了相应各指标间的内在联系, 进而预测了矿体的深度、具体位置, 并对储量等实质性的问题进行了回答。确定在标高 10~60 米,

走向 100 米范围内赋存产状 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$, 厚度 0.3~0.5 米, 品位 10g/t 的矿体。这对指导工程设计, 缓解栖霞金矿目前矿山危机是有实际意义, 也对栖霞金矿外围找矿提供了新的思路。

参考文献

- [1] 庄镇泉等编著, 1992, 《神经网络与神经计算机》。科学出版社
[2] 王珏, 1990, 建造带有人工神经网络知识系统的一种方法, 计算机学报。
[3] Kent Roessle, Improved geosensing using artificial intelligence techniques for tomographic interpretation, 23rd APCOM proceedings, 1992, American.
[4] 刘喜山, 1991, 韧性剪切带变形变质作用及成矿, 长春地质学院出版社。

A NEW METHOD BASED ON NEURAL NETWORK MOLDING FOR FINDING GOLD DEPOSIT IN JIAODONG GREENSTONE BELT

Li Hongzhi

(Beijing Graduate School, China University of Mining and Technology)

Yang Hongqing

(China University of Geosciences, Beijing)

Wang Denghong

(Chinese Academy of Geological Sciences)

Ren shengli

(Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences)

Li Yanbin

(Institute of Geology, State Building Materials Bureau)

Abstract

In this paper the general characteristics of gold deposits in Jiaodong greenstone belt are discussed. Based on the neural network modelling we have set up a new method to find gold deposits, in Jiaodong greenstone belt. Finally, an example for finding gold deposits is given to illustrate good applications of this method.