

陕西煎茶岭镍矿区化探原生晕数理统计分析

雷祖志 李 钧 白海流 刘振宇

(西北有色金属地质研究所)

将化探原生晕资料,应用趋势面分析、特征分析、条件概率分析、单因素方差分析等方法,对煎茶岭矿区及其外围进行统计预测,指出Ⅰ级成矿有利单元9个,Ⅱ级成矿有利单元7个,为该区进一步寻找镍矿指明了方向。

关键词: 镍矿床; 化探原生晕; 数理统计分析

煎茶岭镍矿已探明为一大型含钴硫化镍矿床,但以贫矿为主^①,因此,到目前还未得到开发利用。为寻找富矿,我们研究了该区化探原生晕特征,并将原生晕数据作统计分析,所用数据是本公司物探队所做1/5000化探原生晕Cu、Ni、Cr、Co、V五元素的化学及光谱分析结果。所用方法有趋势面分析、特征分析、条件概率分析、单因素方差分析等。结果表明,趋势面分析揭示该区仍有较大的找矿前景;特征分析及条件概率分析则具体指出了找矿有利部位。

矿床概况

矿区出露地层主要为下震旦系鱼洞子组和接官亭组,中震旦系断头崖组、九道拐组以及少量下石炭系。褶皱构造以紧闭线型、倒转陡倾、向东侧伏为特征;断裂十分发育,以北西西和北西向为主。岩浆活动频繁,侵入活动具多期次、喷发具多旋回,形成一系列超基性—酸性岩。含镍超基性岩体侵入于何家岩背斜向东倾没端近轴部的东西向断裂带内。岩体具高镁富镍贫硫的特点。镍矿主要赋存在超基性岩体中。滑石菱镁岩相为主要含矿岩相。矿体多呈似层状、透镜状的盲矿体产出。矿石的金属矿物主要有磁黄铁

矿、黄铁矿、磁铁矿及少量黄铜矿等。主要含镍矿物为镍黄铁矿、针镍铁矿等,矿石中含NiS>1%者为富矿。矿床属硫化作用形成的似岩浆熔离受变质热液改造矿床^{①②}。

趋势面分析

目的在于对煎茶岭镍矿区及其外围镍元素含量中所包含的“区域趋势”及“局部异常”进行分离,排除随机干扰,通过区域趋势变化研究镍的空间分布规律,指出找矿方向;通过剩余分析,圈定异常,寻找镍的最佳富集部位以指导找矿。

计算结果见图1a-f。通过适度检验选用6次趋势面及剩余[拟合度为41.04, $F_{统计量} = 43.73 \gg F_{(0.01)}$ (查表值=1.74)]来研究该区镍的富集趋势和圈定异常。采用经验统计法确定异常下限为450ppm,以此圈出8个剩余异常(图2)。

特征分析

1. 控制区的研究

(1) 含矿单元和无矿单元的确定: 首

^① 西北有色金属地质勘探公司711队,陕西略阳县煎茶岭镍矿床地质评价报告,1984年。

^② 西北有色金属地质勘探公司地质研究所,煎茶岭镍矿床地质特征,1975年。

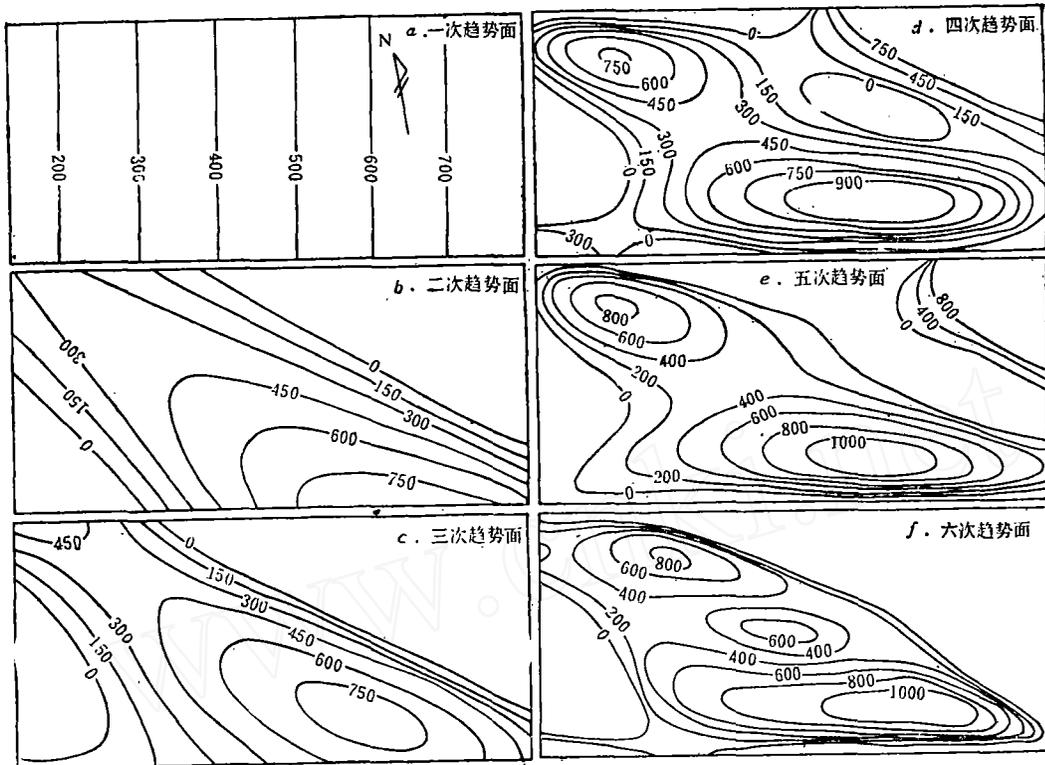


图 1 $Ni(\bar{x})_1 \sim 6$ 次趋势面

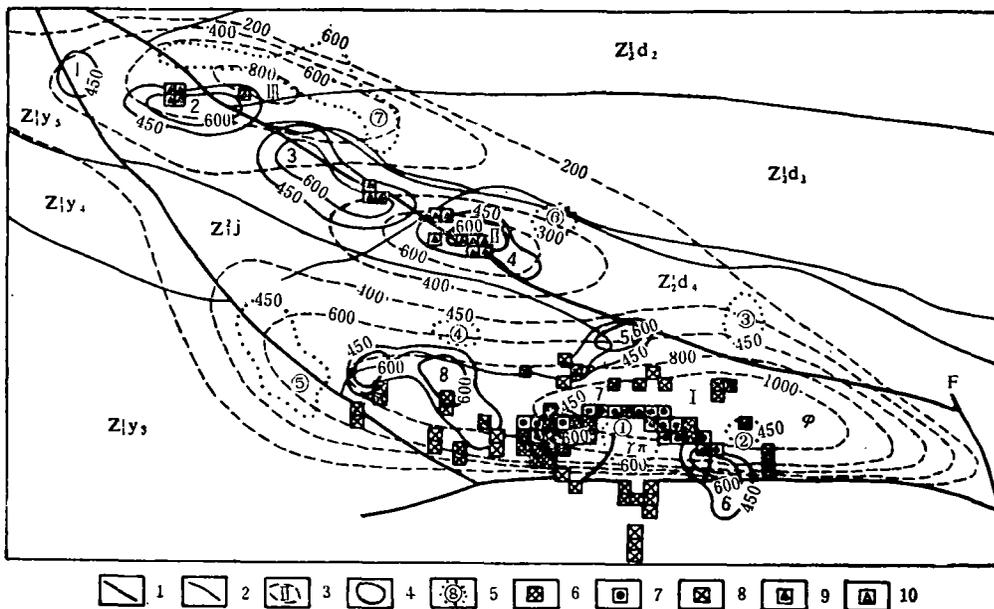


图 2 煎茶岭镍矿区统计预测图

$Z_1^2 d_4 \sim 2$ —断头崖组白云岩、泥板岩及板岩、灰岩互层； $Z_1^2 j$ —接官亭组中酸性火山岩； $Z_1^2 y_{s \sim s}$ —鱼洞子组石英斜长片岩、角闪斜长片岩及变粒岩； ϕ —超基性岩； $\gamma\pi$ —花岗斑岩；1—断层；2—地质界线；3—6次趋势等值线；4—剩余正值异常；5—剩余负值异常；6—已知富矿单元；7—已知贫矿单元；8—已知无矿单元；9—预测 I 级含矿单元；10—预测 II 级含矿单元

先以趋势面分析所划分的 100×100 米的正方形格子为单元, 然后根据钻探剖面将富矿、贫矿分别顺层(结合构造)投到地表平面上。落入格子内一个矿体以上者就确定为含矿单元, 得富矿单元18个(富矿单元中也可有贫矿), 含贫矿单元19个(只含贫矿而无富矿)。有一个以上钻孔控制, 没有发现矿体的单元确定为无矿单元, 得38个。这些单元称为控制单元, 由所有控制单元组成控制区(见图2)。

(2) 基本数据的建立: 为了使含矿单元尽可能包括深部矿体所反映在地表的地球化学特征, 在 100×100 米单元周围各扩大50米, 成为 200×200 米单元(图3)。为了计算该单元中各元素间的相关系数, 再把它平均分成16个 50×50 米的小单元, 并以此作为取值的基本单位。将落入每个小单元中所有点的铜、镍、钴、铬、钒五元素的含量分别求平均值(图3左上角), 以此作为阴影单元的基本统计分析数据(取值结果略)。

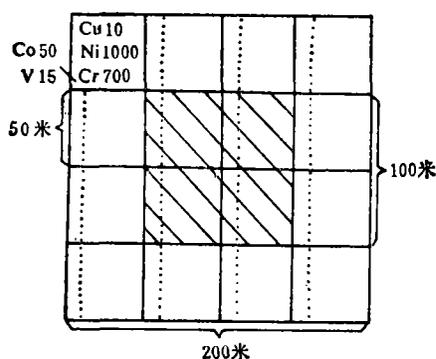


图3 含矿单元统计分析示意图

(3) 变量构置: 根据煎茶岭镍矿床贫镍相对富钴、低铜等特点, 认为元素对之间的比值及五元素间的相关系数, 有可能揭示该区镍矿富集过程中与镍有关的元素组合及其相互间的内在联系。因而对富矿、贫矿、无矿单元进行了试验。结果如图4、5。

试验表明, 我们的设想基本上符合煎茶岭镍矿床的实际, 从而确定以元素均值、元

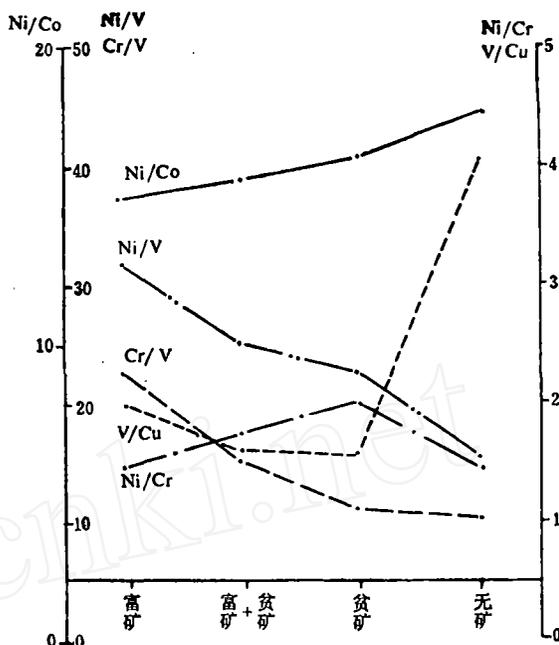


图4 元素对比值与矿的关系

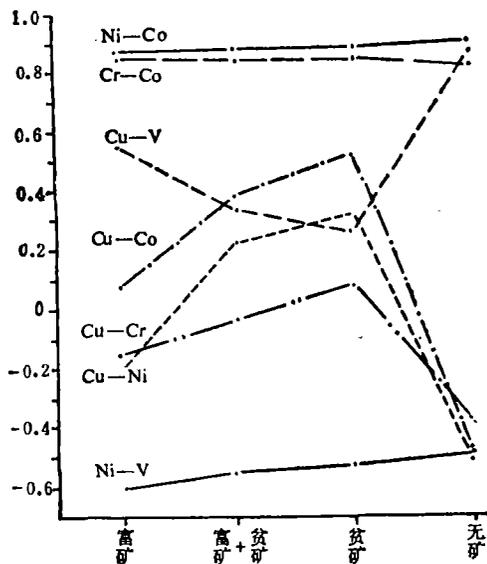


图5 元素相关系数与矿的关系

素对的比值及相关系数为统计分析的变量。为充分发掘隐伏在这些变量中的找矿信息, 我们将五元素两两间的比值、相关系数和变化系数统统列出, 得初始变量29个(取值结果略)。即: 元素均值 $Cu(\bar{x})$ 、 $Ni(\bar{x})$ 、 $Cr(\bar{x})$ 、

有矿单元各变量0、1赋值表

表 1

序号	变 量 单 元	Ni(\bar{x})	Cr(\bar{x})	Ni/Co	Ni/ Cr	Cr/Co	Cr/V	Cr/Cu	V/Cu	$\gamma_{(Cu, Cr)}$	$\gamma_{(Co, V)}$	$\gamma_{(Cu, V)}$
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
3	3	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
4	4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	6	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
7	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
8	9	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
9	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	11	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
11	12	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
12	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
13	14	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
14	15	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
15	1364	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1
16	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
17	42	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
18	28	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1

Co(\bar{x})、V(\bar{x})；变化系数 $C_{(Ni)}$ 、 $C_{(Cr)}$ 、 $C_{(Co)}$ 、 $C_{(V)}$ ；元素对比值Ni/Co、Ni/Cr、Cr/Co、Ni/Cu、Ni/V、Cr/V、Cr/Cu、Co/V、Co/Cu、V/Cu；相关系数 $\gamma_{(Cu, Ni)}$ 、 $\gamma_{(Cu, Cr)}$ 、 $\gamma_{(Cu, Co)}$ 、 $\gamma_{(Ni, V)}$ 、 $\gamma_{(Cr, Ni)}$ 、 $\gamma_{(Co, Ni)}$ 、 $\gamma_{(Co, V)}$ 、 $\gamma_{(Cu, V)}$ 、 $\gamma_{(Cr, Co)}$ 。

(4) 原始数据的变换、变量筛选及特征模型的建立：为了寻找统计标志，我们将前面构置的29个变量，依据最大最小原则，分别对比富矿与无矿单元中它们的差异，以确定划分状态的临界值。以此将控制单元的原始数据转换成0、1数据。然后采用找矿信息量法进行变量筛选得11个重要变量。即Ni(\bar{x})、Cr(\bar{x})、Ni/Co、Ni/Cr、Cr/Co、Cr/V、Cr/Cu、V/Cu、 $\gamma_{(Cu, Cr)}$ 、 $\gamma_{(Cu, V)}$ 、 $\gamma_{(Co, V)}$ 。这11个变量在富矿单元和贫矿单元中的0、1数值表分别见表1、2。

利用表1数据进行计算，建立煎茶岭镍矿区富矿特征模型为：

$$Y_{\#} = 0.3778Cr/V + 0.3582V/Cu + 0.3582Cr(\bar{x}) + 0.3582Ni/Co$$

$$+ 0.3582Ni/Cr + 0.3582Cr/Cu + 0.3382Ni(\bar{x}) + 0.3179\gamma_{(Cu, V)}$$

富矿特征模型只反映了富矿单元的特征，为了提高模型的可靠程度，还须建立无矿特征模型。如前所述，无矿单元只要有一个钻孔控制就定为无矿，这一孔之见，漏矿的可能性是存在的。为了确保无矿特征模型的正确性，我们又用富矿特征模型对无矿单元进行检验，剔除可信度较低的单元，用28个无矿单元建立无矿特征模型为：

$$Y_{\#} = 0.5462V/Cu + 0.5009\gamma_{(Cu, V)} + 0.4746Cr(\bar{x}) + 0.4746\gamma_{(Cu, Cr)}$$

(5) 特征模型的检验：为了衡量特征模型的好坏，我们采用以下方法进行检验：

① 最大特征值在特征值总和中所占的百分比(EU)。该值越大，说明p维空间中各变量之间的相关程度越好，提取包含在诸特征变量中的找矿信就越多。本次计算，富矿特征模型EU=93.67%，无矿特征模型EU=86.03%，都大于一般要求的80%。

② 对控制单元的回判(表3)。

无矿单元各变量0.1赋值表

表 2

序号	单元	变量										
		Ni (\bar{x})	Cr (\bar{x})	Ni/Co	Ni/Cr	Cr/Co	Cr/V	Cr/Cu	V/Cu	$\gamma_{Cu,Cr}$	$\gamma_{Co,V}$	$\gamma_{Cu,V}$
1	57	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1
2	65	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
3	66	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
4	69	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0
5	71	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
6	72	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	73	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	75	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
9	76	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	77	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
11	78	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
12	79	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
13	80	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	46	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
15	50	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1
16	51	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
17	52	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
18	53	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
19	54	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0
20	58	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0
21	59	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0
22	60	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1
23	61	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
24	62	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0
25	63	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1
26	68	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1
27	70	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
28	74	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

根据表 3 可知, 正判率较高, 模型是可靠的, 可以用于预测。

(6) 预测: 预测区的选择是在趋势面分析的基础上, 根据趋势及剩余异常和地质情况综合分析圈定的。从 102 个待测单元中预测出 12 个含矿单元 (表 4)。

条件概率分析

条件概率分析是根据控制区内地质条件, 估计某种矿床产出“可能性”的一种统计方法。一定的矿产资源, 赋存在一定的地质环境中, 某一类型的矿床受到一定的控矿地质标志组合及其成矿有利数值区间所控制。我们称之为“定量标志组合”控矿。条

件概率分析能够较好地揭示这种“定量组合标志”。

分析中含矿单元 (A) 和不含矿单元 (\bar{A})、原始数据及状态赋值都与特征分析相同。在筛选控矿地质标志时, 我们作如下规定: ①该标志各状态中至少有一种状态当其出现时, 含矿概率大于 40%; ②该标志各状态中最大概率值要大于最小概率值的 3 倍^③; ③在含矿单元中该标志状态出现的个数要大于含矿单元总数的 50%。同时满足这三个条件的标志状态对找矿具有较大的指示

^③ 周宏坤等: 大比例尺矿床统计预测工作手册 (打印本), 1985 年。

控制单元回判一览表

表 3

单元类	单元号	特征模型		判 别		结 论	单元类	单元号	特征模型		判 别		结 论
		Y _富	Y _无	Y _富	Y _无				Y _富	Y _无			
富 矿 单 元	1	2.8048	0.00	1	0	正判	贫 矿 单 元	72	0.00	1.9963	0	1	正判
	2	2.4870	0.4746	1	0	正判		73	0.00	1.9963	0	1	正判
	3	2.8048	0.00	1	0	正判		75	0.00	1.9963	0	1	正判
	4	2.4666	0.00	1	0	正判		76	0.3382	1.9963	0	1	正判
	5	2.8048	0.00	1	0	正判		77	0.6560	1.4954	0	1	正判
	6	2.4666	0.5009	1	0	正判		78	0.3178	1.4954	0	1	正判
	8	2.4870	0.5009	1	0	正判		79	0.3382	1.5257	0	1	正判
	9	2.4666	0.00	1	0	正判		80	0.3382	1.9963	0	1	正判
	10	2.8048	0.00	1	0	正判		46	0.6560	1.9963	0	1	正判
	11	2.4466	0.00	1	0	正判		50	1.0742	1.0208	0	0	错判
	12	2.8048	0.9755	1	0	正判		51	0.736	1.5217	0	1	正判
	13	2.8048	0.5009	1	0	正判		52	1.0742	1.5217	0	1	正判
	14	2.8048	0.4746	1	0	正判		53	1.4324	1.9963	0	1	正判
	15	2.8048	0.4746	1	0	正判		54	1.392	1.9963	0	1	正判
	1362	2.8048	0.4746	1	0	正判		58	1.3742	1.547	0	1	正判
	18	2.4870	0.5009	1	0	正判		59	1.4120	1.9963	0	1	正判
	42	2.4466	0.00	1	0	正判		60	0.7360	1.5217	0	1	正判
	28	2.4466	1.4501	1	1	错判		61	1.0942	1.0208	0	0	错判
临界值	1.8	1.1	正判率		94.44%	62	1.7702	1.4501	0	1	正判		
贫 矿 单 元	57	1.0546	1.5217	0	1	正判	63	0.7360	1.5217	0	1	正判	
	65	1.7706	1.5217	0	1	正判	68	1.4524	1.4501	0	1	正判	
	66	1.4128	1.5217	0	1	正判	70	1.7702	1.9963	0	1	正判	
	69	1.3720	1.5217	0	1	正判	74	0.00	1.9963	0	1	正判	
	71	0.3178	1.5217	0	1	正判	临界值	1.8	1.1	正判率		92.86%	

预测含矿单元一览表

表 4

单元号	特 征 变 量								Y _富	Y _无	评 判		预 测
	Cr/V	V/Cu	Cr(±)	Ni/Co	Ni/Cr	Cr/Cu	Ni(±)	γ(Cu,V)			Y _富	Y _无	
	0.3778	0.3582	0.3582	0.3582	0.3582	0.3582	0.3382	0.3178					
145	1	1	0	1	0	1	1	1	2.0884	1.0208	1	0	有矿
428	1	1	1	1	1	1	1	1	2.4666	1.0208	1	0	有矿
473	1	1	1	1	1	1	1	1	2.8048	1.0208	1	0	有矿
474	0	1	1	1	1	1	1	1	2.4270	1.0208	1	0	有矿
523	1	1	1	0	1	1	1	0	2.1288	0.9755	1	0	有矿
524	1	1	1	0	1	1	1	0	2.1288	0.9755	1	0	有矿
613	1	1	1	0	1	1	1	1	2.4466	0.5462	1	0	有矿
615	1	1	1	0	1	1	1	1	2.4466	1.0208	1	0	有矿
616	1	1	1	0	1	1	1	1	2.4466	0.5462	1	0	有矿
617	1	1	1	0	1	1	1	1	2.4466	0.00	1	0	有矿
661	0	0	1	1	1	1	1	1	2.0688	0.4746	1	0	有矿
662	1	0	1	1	1	0	1	1	2.1084	1.0208	1	0	有矿
临界值									1.8	1.1			

控矿标志各变量状态概率

表 5

标志	V/Cu		Ni(\bar{x})			Cr(\bar{x})			Ni/Co			Ni/Cr		
	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
数值区间	<3.1	>3.1	900	900~1725	>1725	580	580~1100	>1100	<8	8~19	>19	<1.3	1.3~2.1	>2.1
概率	61.29	0.00	12.34	46.80	4.21	5.14	44.37	0.00	0.00	42.78	6.01	0.00	41.30	10.50

控矿标志组合指示的含矿概率 表 6

序号	变量组合	条件概率	序号	变量组合	条件概率
1	10000	0	17	10001	0
2	01000	0	18	01001	0
3	11000	0	19	11001	0
4	00100	0	20	00101	0
5	10100	0	21	10101	0
6	01000	0	22	01101	0
7	11100	0	23	11101	99.49
8	00010	0	24	00011	0
9	10010	0	25	10011	51.18
10	01010	0	26	01011	0
11	11010	0	27	11011	0
12	00110	0	28	00111	0
13	10110	0	29	10111	100
14	01110	0	30	01111	0
15	11110	99.99	31	11111	100
16	00001	0	32	00000	0

注：标志序号为：V/Cu(<3.1为1, >3.1为0); Ni(\bar{x}) (900~1725为1, 否则为0); Cr(\bar{x}) (580~1100为1, 否则为0); Ni/Co(8~19为1, 否则为0); Ni/Cr(1.3~2.1为1, 否则为0)

作用, 即可选取为重要标志。选出的重要标志及其各状态的概率按大小顺序列入表 5。

经计算得各标志组合指示含矿概率 (表 6)。

选择条件概率大于90%的标志组合为指示含矿的标志组合, 则有(11111)、(10111)、(11110)、(11101)。这就是我们所要寻找的“定量标志组合”控矿模型。

预测含矿单元 表 7

单元号	控矿标志组合					指示含矿概率 (%)
	1	2	3	1	2	
140	1	1	1	1	0	99.99
141	1	1	1	1	0	99.99
379	1	1	1	1	1	100
380	1	1	1	1	0	99.99
428	1	0	1	1	1	100
473	1	1	1	1	1	100
474	1	1	1	1	1	100
523	1	1	1	0	1	99.49
524	1	1	1	0	1	99.49
613	1	1	1	0	1	99.49
615	1	1	1	0	1	99.49
616	1	1	1	0	1	99.49
617	1	1	1	0	1	99.49

注：标志顺序及0、1含意同表6。

条件概率模型的正确性检验结果, 富矿单元的正判率高达94.44%, 无矿单元的正判率为92.11%。

在模型检验正确可靠的基础上进行预测, 结果从102个待测单元中预测出 13 个含矿单元 (表 7)。

单因素方差分析

综合分析上述结果得到 I 级和 II 级找矿有利单元 9 个和 7 个 (见图 2)。在此基础上, 我们收集了预测区中地表含矿岩相的岩石样品 19 个、已知矿区富矿段地表岩石样 34 个的分析数据计算了各样品的硫化率, 并以

各样品硫化率及单因素方差分析结果

表 8

地段	岩石类型	样品数	硫化率 均值	离差平方和		自由度	均方		F		显著性
				组内	组间		组内	组间	统计量	F _{0.05} 值	
富矿地表	铁帽及滑石绿泥片岩	34	10.17%	0.932	0.047	1.51	0.018	0.047	2.5704	4.04	不显著
预测区地表	滑石片岩	19	3.97%								

此进行了单因素方差分析, 结果见表 8。

成矿地质条件分析

1. 对比分析1~6次趋势面图可见, 该区镍元素的区域变化表现出由西向东逐渐增高的总趋势。6次趋势面形成3个封闭的高值区。这些高值区的形状及其长轴方向与该区基性岩的展布相一致, 而超基性岩的产出受北西及北西向断裂的控制。另外, 1~5号剩余异常很有规律地沿着岩体及北西向断裂分布, 6~8号剩余异常的分布则与北西西向断裂及岩体走向相吻合。再则, 预测含矿单元也是沿着该区较大断裂构造的两侧分布。这说明煎茶岭镍矿床的分布特征与超基性岩体有密切关系, 北西向及北西西向断裂对成矿起着重要作用。

2. 从剩余异常特征分析, 已知矿床主要分布在趋势高值区内的正值剩余异常上。这种剩余异常的特点是分布面积较小、高值、圈闭性良好, 且有负值剩余异常相伴随。已知矿床就位于正值剩余异常向负值剩余异常过渡的陡值梯度带内。因此, 可以认为趋势高值区内高值正剩余异常向负值剩余异常过渡的陡值梯度带是成矿的有利部位。

3. 就成矿元素的丰度而言, 应该说丰度值越高, 对成矿越有利。但从本区实际出发, 镍的硫化率并不很高, 部分镍是分散在硅酸盐中, 没有形成镍的硫化物。这样仅就镍的含量高低来预测含矿与否就比较困难, 我们通过镍与其他元素的组合和比值的综合匹配来解决这个困难。如条件概率模型中的(10111)组合, 其含义就是镍含量虽然没

有落在有利区间内, 但其他四个条件均满足。在这种情况下, 其预测含矿的概率仍为100%。这就是“标志组合控矿”的地质含义。从这个意义上说, 预测区地表镍含量虽然较低, 但元素的组合特征却与已知区相似, 所以预示其含矿。这就从“就矿找矿”向理论找矿迈进了一步。

4. 钒、镍在已知富矿单元中具有明显的负相关性(图5)。钒基本上是亲石元素, 同时表现出一些亲铁性, 它与氧的亲合性强, 亲硫性甚弱。所以钒与镍(硫化镍矿床)呈负相关。这和钒的地球化学行为一致, 而铜具有很强的亲硫性。虽本区铜相对较低, 但在含矿地段仍然表现出与镍的正相关关系。所以V/Cu比值在找矿预测模型中起着重要作用。

钴是一个典型的地幔型元素。Ni/Co比值已被用作地幔岩浆成因的标志。煎茶岭镍矿富钴, 地表钴的含量一般为80ppm, 也大大超过地壳一般钴的含量值(25ppm, 据黎彤)。本区Ni/Co比值在富矿单元中的均值为15.63, 与地幔镍、钴比(地壳为3.5, 地幔为9~10, 地核为111.9, 据黎彤, 1976)相接近。这说明煎茶岭镍矿与地幔超基性岩浆有关。

5. 从含矿岩相分析, 本区含矿岩相主要为滑石菱镁岩相。含矿岩相中岩石硫化率单因素方差分析结果表明, 预测区地表岩石与已知富矿体的地表岩石中的硫化率差异并不显著。所以认为两者应属基本相同的母体。因此, 预测区中的滑石片岩相是今后找矿的主要岩相。

Statistical Analysis of Geochemical Primary Halo Data in the Jianchaling Nickel Ore Area, Shaanxi Province

Lei Zuzhi Li Jun Bai Hailiu Liu Zhenyu

The geochemical primary halo data from the Jianchaling Nickel Ore Area and its peripheral regions were analysed for metallogenic prognosis by different statistical methods including trend surface, characteristic, conditional probability and single-factor variance analyses. Based upon the results obtained sixteen cells favourable for mineralization have been delineated. It is considered that nine of them are the most favourable ones, which may be used as the exploration guide to go a step further for searching nickel ore in this district.