

相似性判别分析方法

广西冶金地质学校 黄意信

这里介绍一种简单的用手算的相似性判别分析处理化探数据的方法。本方法目前还是用某些单位的若干原始资料(有电算资料可对比的)来检验在找矿中应用的可能性,检验资料不多,还不成熟,仅供同志们在评价岩体、夕卡岩与铁帽的含矿性以及评价异常时作为参考。谬误之处,希望同志们批评指正。

一、概况

数据处理在化探找矿中有着重要意义。为了提高找矿效果,判别分析等数学方法的应用,逐渐被人们所重视,已有许多单位取得了这方面的经验。

运用多变量判别分析方法,手算较为困难,需要电子计算机来完成。目前生产单位还没有配备电子计算机,将数据送往有电子计算机的单位处理,有时难以及时获得结果。从地质、地球化学角度来看,进行判别分析时如何选择变量;不同变量(元素)在判别分析中如果价值(贡献)不同,需要区分主次时,那么主次变量又应该如何进行数学处理?鉴于这种情况,有必要拟定一种既考虑变量的价值,运算又比较简便的“判别分析”方法。

二、方法

1.概念 所谓判别分析,就是把多个(两个以上)变量归纳为一个综合变量。使两组不同母体(属性)的样品获得最大的分离,并确定判别指数,评价未知样品的属性。

相似性判别分析方法,是从上述原则出发,利用两个已知母体(属性)中一组样品(通常选用与矿有关的一组样品)的各个变

量(元素)的平均值(或中位数、众数值等)做为标准,令其综合指数为1,将参加判别分析的各个样品(包括待评价的样品)的变量与标准的相应变量对比(有两种对比方法,视其情况而选用),求其最优判别指数,并以此评价未知样品的属性。

方法的实质是利用已知不同母体样品(多变量)的相似性这个综合指数,判别评价未知样品的属性。

2.方法步骤

1) 变量选择及确定变量在相似性判别分析中的价值

①变量选择:变量选择目前还没有成熟的方法,是一个有待研究解决的问题。通常有两种情况,一是选择已知与矿有关的元素(主要成矿元素和特征伴生元素)做为变量;一是选择已知与矿有关的元素和与矿无关的特征元素做为变量。从理论上分析,上述两种情况在地质上和判别分析中都能够成立。但相对而言,后一情况在相似性判别分析中的用处较多。它不但可以达到判别未知样品含矿性的目的,还可以根据非矿特征元素(或其它矿种特征元素),从另一侧面评价未知样品。

②确定变量在相似性判别分析中的价值:不同变量(元素)在相似性判别分析中的价值(贡献)有所不同。因此,在相似性判别分析之前,必须充分利用已知地质地球化学条件和元素的地球化学性质,确定变量的价值。即把已经选用的变量划分为二组。一组为主要的变量(主要的成矿元素和特征伴生元素),另一组为次要的变量(其它元素)

2) 标准化处理 选择已知与矿有关的

一组样品的各个变量(元素)的平均值(众数值、中位数等)做为标准,令其综合指数为1。然后把参加判别分析的各个样品(包括未知样品)的变量与标准的相应变量对比,计算相似性得分数(d_i),进而求得每个样品的综合指数(即相似性指数 D_i)。计算方法如下:

①求 d_i 值与矿有关的主要变量(主要成矿元素和特征伴生元素)采用

$$d_i = C_n / C_m \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中 d_i 为每个样品中的某变量与标准(已知)对比的相似性得分数。 C_m 为已知标准每个变量的平均值(或众数值、中位数)。 C_n 为某变量的数值(含量)。

次要变量(其它元素):当 $C_n / C_m \leq 1$ 时,采用(1)式计算(C_n 为次要变量),当 $C_n / C_m > 1$ 时,采用 $d_i = C_m / C_n \quad \dots\dots\dots (2)$ 式计算。

$$\textcircled{2} \text{求} D_i \quad D_i = \sum_{i=1}^n d_i / n \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中 D_i 为样品与标准对比的相似性综合指数; n 为变量的数目; $\sum_{i=1}^n d_i$ 为样品中所有变量相似性得分总和。

3) 做相似性综合指数图 见后面实例。

4) 求判别指数 D_0 。 D_0 的确定方法有许多种。下面介绍其中简便的两种方法:

① $D_0 = (D_x + D_y) / 2 \quad \dots\dots\dots (4)$ (或从图中直接内插求得,见实例)

式中: D_0 为判别指数; D_x 为已知与矿有关的一组样品中能够与非矿样品分离的最低值; D_y 为非矿一组样品中能够与矿样品分离的最高值。

$$\textcircled{2} \quad D_0 = \frac{\sum_{i=1}^N D_i}{N} + \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

式中: $\frac{\sum_{i=1}^N D_i}{N}$ 为已知与矿有关一

组样品综合相似性指数的平均值;

$\frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$ 为已知非矿一组样品综合相似性指数的平均值。

后一种方法比较可靠,因而比较常用。

三、应用实例之一——夕卡岩含矿性的评价

表1所列为鄂东地区七个夕卡岩露头样品的原始资料。

其中SK56、SK83为含铜矿夕卡岩,SK58、SK79为铜矿化类型夕卡岩,SK98、SK102为铜、钨、钼矿化类型夕卡岩。SK80为待评价的夕卡岩样品。

1. 变量选择及确定变量的价值 铜、钨、钼三个变量均参加相似性判别分析。铜为评价的主要对象,故确定为主要变量,钨、钼为次要变量。

表 1 *

样品号 元素	SK56	SK83	SK80	SK58	SK79	SK98	SK102
Cu	2.9909	3.2044	2.8392	2.5315	2.5897	2.9600	3.1184
W	0.3111	0.5348	0.5959	0.4526	0.3010	3.0480	2.8395
Mo	0.5324	0.7718	0.7164	0.4893	0.2735	1.4997	1.9850

* 原始资料为桂林冶金地质研究所提供(对数值)。

表 2

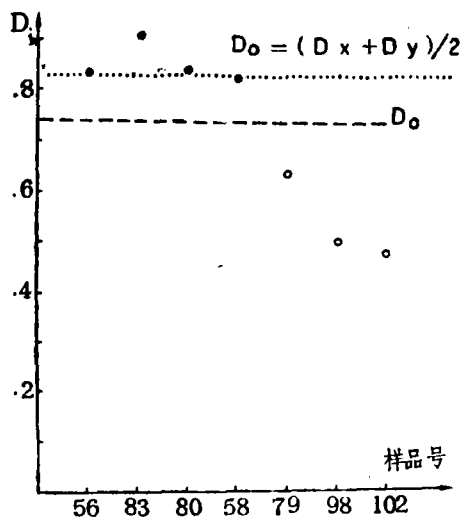
样品号 元素 d_i 值	56	83	80	58	79	98	102
Cu	0.97	1.04	0.93	0.82	0.84	0.96	1.01
W	0.75	0.79	0.70	0.89	0.71	0.14	0.15
Mo	0.82	0.84	0.90	0.75	0.41	0.43	0.33
D_i 值	0.84	0.89	0.84	0.82	0.65	0.51	0.49

2. 标准化处理 以已知含铜矿夕卡岩的一组样品 (即SK56、SK83) 为标准, 分别求取每个变量的平均值:

$$C_{Cu} = 3.08, C_W = 0.42, C_{Mo} = 0.65$$

并令其相似性综合指数为 1。

3. 求 d_i 、 D_i 值并绘出相似性综合指数 (D_i 值) 分布图 结果见表 2 和图 1, 其中主要变量铜的 d_i 值按 $d_i = \frac{C_n}{C_m}$ 求取, 次要变量钨和钼的 d_i 值: 当 $\frac{C_n}{C_m} \leq 1$ 时, 采用 $d_i = \frac{C_n}{C_m}$ 计算; 当 $\frac{C_n}{C_m} > 1$ 时, 按 $d_i = \frac{C_m}{C_n}$ 计算。

图 1 相似性综合指数 (D_i 值) 分布图

4. 求判别指数 D_0

$$\frac{\sum_{i=1}^N D_i^1}{N} + \frac{\sum_{i=1}^n D_i^n}{n}$$

1) 按 $D_0 =$

2

计算。

$$D_0 = \frac{\frac{0.84 + 0.89}{2} + \frac{0.82 + 0.65 + 0.51 + 0.49}{4}}{2} = 0.74$$

(见图 1 D_0 虚线所示)

2) 按 $D_0 = (D_x + D_y) / 2$ 计算

$D_0 = (0.84 + 0.82) / 2 = 0.83$ (见图 1、 D_0 点线所示)。

从本例计算结果来看, 这种计算方法, D_0 值偏高, 容易漏掉有价值的样品。

3) 对 D_0 值可靠程度的评价

根据已知六个夕卡岩样品的统计, 用 $D_0 = 0.74$ 进行判别分离的把握性为 $\frac{5}{6} = 83\%$ 。它表明用 0.74 这个判别指数来评价未知样品的含矿性, 有 83% 的把握性。

必须指出, 判别指数的可靠程度主要是取决于参加判别分析的已知样品数目, 其数目越多, 可靠程度就越大。

5. 对 SK80 号样品的评价

通过计算 SK80 号样品的 D_i 值为 0.84 (表 2、图 1), 此数值大于判别指数 0.74 (即 $D_i > D_0$)。因此, SK80 号夕卡岩露头应为含铜矿夕卡岩的可能性大 (即有 83% 的可能性)。

四、应用实例之二——铁帽含矿性的评价

以地质科学研究所物探所在长江中下游一带铁帽含矿性研究的20个铁帽样品原始资料为例,介绍如下。

表3所列为已知铁帽的分析资料(从原20个铁帽资料的有价值和无价值铁帽样品中分别抽样)。

1. 选择变量及确定变量在判别分析中的价值 为了便于与电算结果对比,分别选用七个变量(铜、银、金、钼、铅、锌、锰、砷),五个变量(铜、银、金、钼、铅、锌),四个变量(铜、银、金、钼),三个变量(铜、银、金)和二一个变量(铜、银)等五种变量组合,分别计算相似性判别指数(D_0)。

根据已知的地质地球化学资料,确定铜、银、金为主要变量;锰、砷、钼、铅、锌为次要变量参加相似性判别分析。

2. 标准化处理 以表3所列已知有价值的一组铁帽样品为标准,分别求出每个变量的平均值(表3)。

3. 求 d_i 、 D_i 、 D_0 值 结果列于表4。其中主要变量铜、银、金的 d_i 值按 $d_i = C_n / C_m$ 求取;次要变量钼、铅、锌、锰、砷,当 $\frac{C_n}{C_m} \leq 1$ 时采用 $d_i = C_n / C_m$ 计算,当 $\frac{C_n}{C_m} > 1$ 时按 $d_i = C_m / C_n$ 求取。

4. 求判别指数 D_0 以下式确定两组铁帽样品的判别指数(D_0)

$$D_0 = \frac{\frac{\sum_{i=1}^N D_i^2}{N} + \frac{\sum_{i=1}^n D_i^2}{n}}{2}$$

计算结果见表4。由表可知,上述五种变量组合均获得比较好的分离(图2)。但相对而言,七个变量的 D_i 值的分布较为集中,两组样品又能较好地分离。因此,选取七个变量参加相似性判别分析较为合适(这个结论与物探所的电算结果吻合)。

5. 未知样品的评价 表5所列为待评价样品的分析资料(从物探所的20个已知样品

已知铁帽的分析资料

表3

元素 样品号	铜	银	金	钼	铅 锌	锰	砷	备 注
② 1	3340	2.6	0.30	7	573	960	320	已知有价值铁帽
③ 2	2820	1.6	2.80	8	322	250	44	
④ 3	3270	8.5	0.17	37	1400	260	56	
⑤ 4	2820	3.8	0.70	7	1386	3900	620	
⑨ 5	2130	5.0	0.49	30	2178	530	160	
⑩ 6	1820	3.1	0.42	10	1539	480	37	
⑮ 7	1230	2.4	0.08	48	576	360	150	已知无价值铁帽
⑭ 8	1370	1.5	0.01	48	1003	1800	70	
⑯ 9	1380	1.8	0.21	—	866	724	290	
⑰ 10	470	1.0	0.14	63	2760	700	330	
有价值铁帽 组份平均值	2700	4.1	0.81	16.5	1286	1544	205	

(1) 据《物探与化探》杂志,1974年,第四期,第86页。

(2) 圆圈内的数字为地质科学研究所20个铁帽样品的编号。

表4

样品号 变量 d_i 值	铜	银	金	钼	铅锌	锰	砷	Di 值				
								P=7	P=5	P=4	P=3	P=2
1	1.23	0.63	0.37	0.42	0.36	0.62	0.64	0.61	0.60	0.66	0.74	0.93
2	1.04	0.39	3.45	0.48	0.21	0.16	0.21	0.85	1.18	1.34	1.62	0.76
3	1.01	2.07	0.21	0.44	0.91	0.17	0.27	0.71	0.93	0.93	1.09	1.54
4	1.04	0.92	0.86	0.42	0.92	0.39	0.33	0.70	0.83	0.81	0.94	0.98
5	0.79	1.21	0.60	0.55	0.59	0.34	0.78	0.64	0.81	0.78	0.65	1.00
6	0.68	0.75	0.51	0.60	0.83	0.31	0.18	0.55	0.66	0.63	0.64	0.71
7	0.45	0.58	0.09	0.34	0.44	0.23	0.73	0.41	0.33	0.36	0.37	0.51
8	0.50	0.36	0.01	0.34	0.77	0.85	0.34	0.45	0.39	0.30	0.22	0.43
9	0.51	0.43	0.26	—	0.67	0.46	0.70	0.42	0.37	0.29	0.40	0.47
10	0.17	0.24	0.19	0.25	0.46	0.45	0.62	0.34	0.26	0.21	0.20	0.22
判别指数D.								0.55	0.59	0.47	0.60	0.69

中抽样)。计算结果见表6和图2。

未知样品 D_i 值与已知的 D_0 比较表明, 11、12、13、14和15号样品应为有价值的铁帽。16、17、18、19和20号样品应为无价值的铁帽。判别的结果与实际情况一致(原为已知样品)。

五、应用实例之三——岩体含矿性的评价

表7为吉林某地12个已知岩体的地球化学资料。

1. 根据该地区的成矿特征和元素的共生

待评价样品分析资料

表5

样品号 元素	铜	银	金	钼	铅锌	锰	砷
① 11	7080	1.4	0.13	32	770	130	80
② 12	3720	2.1	1.40	7	287	1200	200
③ 13	2420	8.5	0.20	31	4700	870	650
④ 14	3890	1.8	0.16	25	694	440	20
⑤ 15	7410	15.9	2.10	15	910	513	1318
⑥ 16	2140	0.7	0.50	42	299	270	91
⑦ 17	1780	1.6	0.21	4	2205	4500	—
⑧ 18	1780	3.2	0.31	11	7860	87	5129
⑨ 19	870	1.1	0.24	19	244	166	302
⑩ 20	420	3.5	1.08	34	2490	190	660

(1) 据《物探与化探》杂志, 1974年, 第四期, 第86页。

(2) 圆圈内的数字为地质科学研究院物探所20个铁帽样品的编号。

表 6

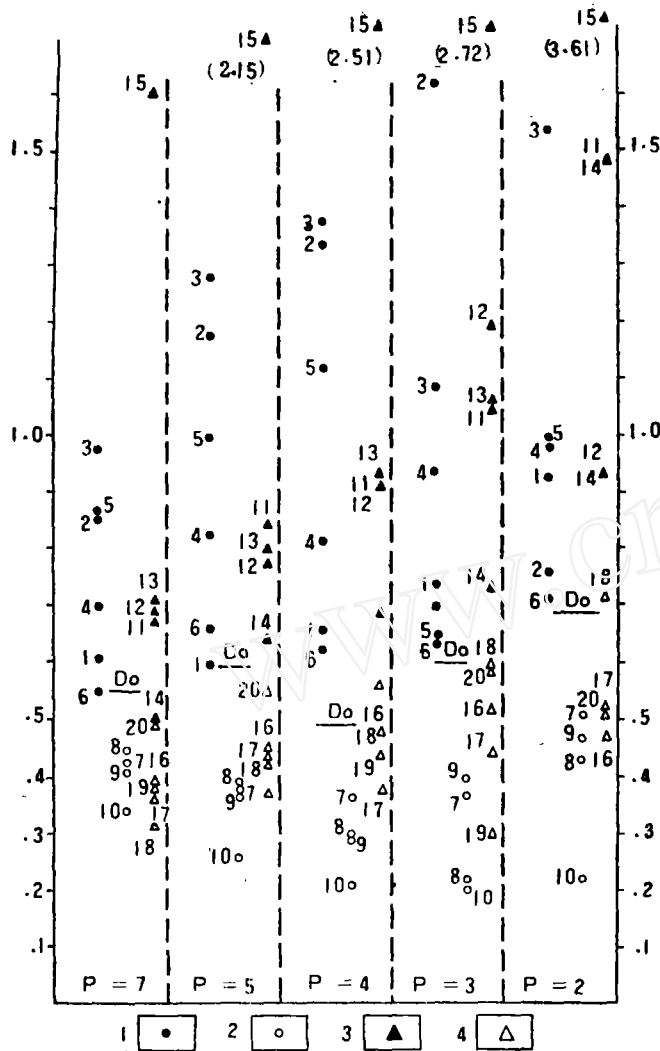
样品号	铜	银	金	钼	铅锌	锰	砷	D _i 值					评 价
								P=7	P=5	P=4	P=3	P=2	
11	2.62	0.34	0.16	0.51	0.59	0.07	0.39	0.67	0.84	0.91	1.04	1.48	与Do值比较 此五个样品 应为有价值的 铁帽
12	1.36	0.51	1.72	0.04	0.22	0.77	0.97	0.79	0.77	0.91	1.19	0.93	
13	0.89	2.07	0.24	0.53	0.27	0.56	0.31	0.81	0.80	0.93	1.06	1.48	
14	1.44	0.43	0.19	0.66	0.46	0.28	0.09	0.50	0.64	0.68	0.68	0.93	
15	2.74	3.88	2.54	0.90	0.70	0.33	0.15	1.60	2.15	2.51	2.72	3.61	
16	0.78	0.17	0.16	0.39	0.23	0.17	0.44	0.39	0.43	0.48	0.52	0.47	与Do值比较 此五个样品 为无价值铁 帽
17	0.65	0.39	0.28	0.24	0.58	0.35	—	0.36	0.45	0.38	0.44	0.52	
18	0.65	0.79	0.37	0.13	0.16	0.05	0.04	0.31	0.42	0.48	0.60	0.72	
19	0.35	0.26	0.29	0.86	0.18	0.11	0.69	0.38	0.37	0.44	0.30	0.31	
20	0.16	0.86	0.75	0.43	0.51	0.12	0.31	0.49	0.55	0.56	0.58	0.51	

各岩体中铜、钴、镍的硫化物及硫的几何平均值的对数值*

表 7

岩体类型	岩体编号	样品数	Cu	Co	Ni	S
			几何平均值的对数值 (lgY/g)	几何平均值的对数值 (lgY/g)	几何平均值的对数值 (lgY/g)	几何平均值的对数值 (lgY/g)
与大中型硫化铜镍矿床有关的岩体	1上	109	2.2437	1.6018	2.8322	3.4520
	1下	124	1.9590	1.5943	2.7017	3.3356
	7	33	1.7175	1.1442	2.3924	3.3450
与小型硫化铜镍矿床有关的岩体	9	108	2.0896	1.6301	2.8399	3.4343
	2	79	1.6509	1.2913	2.3701	3.2429
	3	95	1.8050	1.2959	2.1260	3.3425
与硫化铜镍矿化有关的岩体	32	6	0.8398	0.8237	1.3465	3.2089
	31	9	0.8061	0.7891	1.7666	2.7836
	新3	39	0.9955	0.7951	1.1897	2.3855
无矿岩体	4	51	1.1011	0.7606	1.2343	2.4450
	5	30	0.9148	0.7302	1.0708	2.6751
	6	33	0.8097	0.8363	1.3224	2.6612
以已知大中型矿床的各个变量的平均值为标准			1.9734 (C _m Cu)	1.4467 (C _m Co)	2.6421 (C _m Ni)	3.3775 (C _m S)

* 据吉林冶勘六〇七队资料。

图2 D_i 值分布图

1—已知有价值样品的 D_i 值；2—已知无价值样品的 D_i 值；
3—未知有价值样品的 D_i 值；4—未知无价值样品的 D_i 值；

组合特点，确定 Cu、Co、Ni、S 四个元素为主要变量，以已知与大中型硫化铜镍矿床有关的岩体样品组分（变量）的平均值（ C_m 值）为标准进行相似性判别分析。计算结果见表 8 和图 3。

各组岩体类型的相似性判别综合指数见表 9。从表中可以看到：虽然各组岩体类型均有相应的相似性，判别综合指数（ D_0^x ），但只有用 $D_0 = 0.7763$ 这个指标才能明显地将①、②组和③、④组分离开。也就是说，用 $D_0 = 0.7763$ 的综合指标可以将含大中小型矿床的岩体与仅有矿化或无矿的岩体明显分离开。

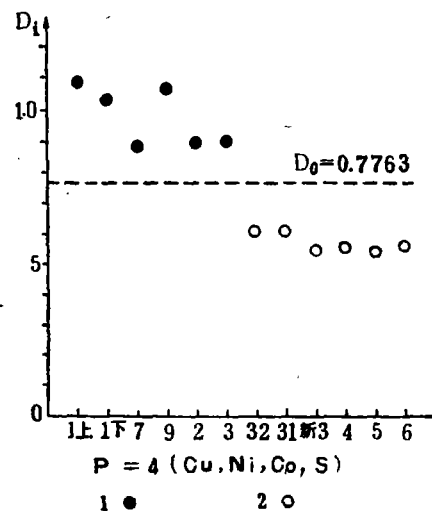
2. 按各个岩体的 D_i 值大小（表 8）和它们之间的分布特点（图 3），可以得出图 4 所示的自然分组图。

I 组（包括 1 上、9、1 下、3、2 和 7 号岩体）：平均 D_i 值为 0.9786，代表了该区已知大中小型铜镍硫化矿床岩体的一般 D_i 值。它的下限值为 0.7763，低于此值即为仅具矿化或无矿化的岩体。

I 组还可以细分为三个小组：

1 小组（包括 1 上、9、1 下号岩体）：平均 D_i 值为 1.0607，下限值为 0.9735。它基本上代表该地区已知具大中型铜镍硫化矿床岩体 D_i 值的一般特点。但有例外，9 号岩体已知为仅具小型矿床的岩体。

2 小组（包括 3、2、7 号岩体）：平均 D_i 值为 0.8964，上限 D_i 值为 0.9735，下限为 0.7763。它代表该地区具小型铜镍硫化矿床岩体 D_i 值的一般特点。也有

图3 D_i 值分布图

1—含大中小型矿的岩体；
2—含矿化或无矿的岩体

表8

岩体类型	编号	d _i 值				D _i 值
		Cu	Co	Ni	S	
与大中型硫化铜镍矿床有关的岩体	1上	1.1369	1.1072	1.0719	1.0220	1.0845
	1下	0.9927	1.1020	1.0225	0.9975	1.0286
	7	0.8703	0.7909	0.9054	0.9903	0.8892
与小型硫化铜镍矿床有关的岩体	9	1.0588	1.1267	1.0748	1.0169	1.0692
	2	0.8363	0.8925	0.8970	0.9601	0.8964
	3	0.9146	0.8957	0.8046	0.9996	0.9036
与硫化铜镍矿化有关的岩体	32	0.4295	0.5593	0.5096	0.9500	0.6121
	31	0.4084	0.5454	0.6686	0.8241	0.6116
	新3	0.5044	0.5495	0.4502	0.7062	0.5525
无矿岩体	4	0.5579	0.5257	0.4671	0.7230	0.5686
	5	0.4635	0.5047	0.4032	0.7920	0.5413
	6	0.4103	0.5780	0.5005	0.7879	0.5591

例外的现象，7号岩体已知为具大中型矿床的岩体，它与1小组的9号岩体互换位置了。簇群分析、判别分析的电算结果也存在这个问题，是资料整理方法问题，或是由于7号岩体和9号岩体的硫化物相和硅酸盐相的比例有明显差异引起的，还是由于两者的硫化物的富集程度不同，矿床成因类型不同等原因造成的，还有待今后进一步研究。

I组(包括32、31、4、6、5号岩体)：这一大组的平均D_i值为0.5742，上限为0.7763，明显地代表着该地区已知的与矿化有关或无矿岩体D_i值的特点。这一大组虽然也能够细分为两组：32、31号岩体和4、6新3、5号岩体两个小组(与簇群分析结果一

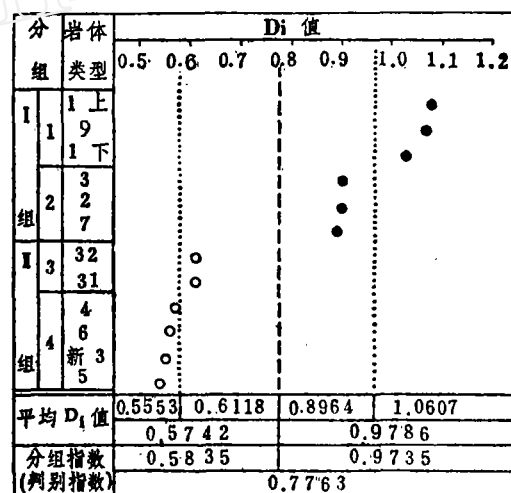
图4 D_i值自然分组图

表9

岩体类型	编号	各组岩体D _i 平均值 $\left[\frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \right]$	各组岩体(矿化)类型 判别指数
①与大中型硫化铜镍矿床有关的岩体	1上 1下 7	1.0008	D ₀ ¹ =0.9786 D ₀ =0.7763 D ₀ ² =0.5742
②与小型硫化铜镍矿床有关的岩体	9 2 3	0.9564	
③与硫化铜镍矿化有关的岩体	32 31 新3	0.5921	
④无矿岩体	4 5 6	0.5563	

致)，但是由于这两个小组的平均 D_i 值非常接近，因此分组指数（判别指数）0.5835就没有多大的代表性。

上述的相似性判别分析和利用 D_i 值大小自然分组的结果与冶勘607队的判别分析、簇群分析的电算结果基本相符。

六、应用实例之四——残坡积层地球化学异常的评价

表10为白家山残坡积层地球化学测量的原始资料（取对数值）。冶金部物探公司已用电算方法做了（Cu、Pb、Zn、Ag、Mo、W、Co）七个变量组合的判别指数 ΔR 值的地球化学异常剖面图（图5）。

为了研究本方法在残坡积层地球化学异常资料整理中应用的可能性，根据该地区的地质、地球化学条件，确定Cu、Ag为主要变量，Pb、Zn、Mo、W、Co为次要变量，分别计算了 d_i 值和 D_i 值（表11），并作了 D_i 值异常剖面图（图5）。

下面简单比较一下用不同资料整理方法的结果。

1. 用单元素分别成图工作量较大，图纸较多，异常不甚明显，而且在剖面的左端（大致从0/8~10/8范围内）出现某些组分（如Pb、Mo、Cu等）的假异常（已知）。

2. D_i 值异常和 ΔR 值异常比较有如下的

异同点：

1) 用上述两种方法成图，异常明显突出，均能排除左端的已知假异常（用单个元素成图）。

2) D_i 值的异常宽度比 ΔR 值的异常宽度大。用两种方法成图，圈出的异常大部分重叠在一起，但 D_i 值显著向左侧移动。根据异常所处的地质条件分析，用 ΔR 值圈定的异常基本上反映岩体（ δ_0 ）和含矿的夕卡岩（SKg），而 D_i 值异常可能是闪长岩中的含矿夕卡岩及岩体左侧的内外接触带的反映。

3) ΔR 值异常左侧比右侧的值低，出现 ΔR 负值，如何解释？有待今后研究。 D_i 值异常两侧的 D_i 值分布特点是左侧大于右侧，说明左侧的Cu、Pb、Ag、Zn、Mo、W、Co的背景含量比右侧高，这与原始数据相符合。从白家山残坡积层地球化学剖面图分析，是否可利用 D_i 值的大小代表下伏基岩的地质特性，这是很值得今后进一步研究的问题。

综上所述，在残坡积层找矿中应用相似性判别分析方法是有可能性的，它不但可以较简便地达到以综合变量成图的目的，而且可以通过相似性判别分析方法排除假异常的干扰，进行异常分类（按 D_i 值的大小），进而评价残坡积层异常。

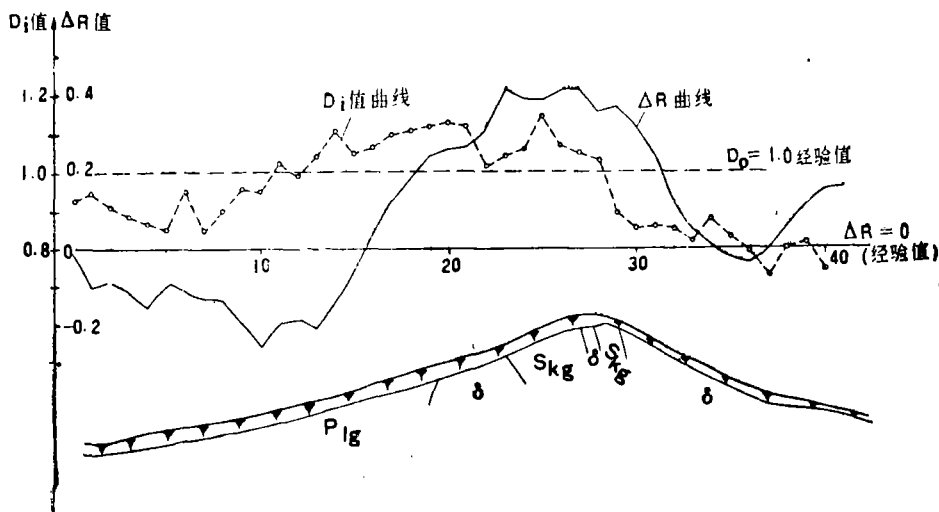


图5 白家山1:1000残坡积层（Cu、Pb、Zn、Ag、Mo、W、Co） D_i 值（ ΔR 值）异常剖面图

白 家 山 残 坡 积 层 地 球 化 学 测 量 8 号 纱 原 始 数 据* 表10

点/8线	含量对数 (Ag×100)							点/8线	含量对数 (Ag×100)						
	Cu	Pb	Zn	Ag	Mo	W	Co		Cu	Pb	Zn	Ag	Mo	W	Co
40	2.3010	1.1761	1.9031	1.0000	0.3010	1.3010	1.3979	19	4.0792	1.3010	2.7782	2.9031	0.8451	1.9542	1.9542
39	2.4771	1.4771	2.1761	1.3010	0.6021	1.4771	1.6021	18	4.0000	1.1761	2.6021	2.6021	0.7782	1.6021	1.9542
38	2.4771	1.6021	2.1761	1.3010	0.4771	1.3010	1.6021	17	4.0500	1.1761	2.5441	2.6990	0.7782	0.7782	2.1139
37	2.1761	1.5441	2.0000	1.0000	0.4771	1.3010	1.5441	16	4.0000	1.5441	2.6021	2.7782	0.8451	2.0000	2.1139
36	2.4771	1.6990	2.0792	1.3010	0.4771	1.3010	1.6021	15	3.6990	1.6021	2.4771	2.6021	0.8451	2.0000	2.0000
35	2.5441	1.6021	2.1761	1.4771	0.6021	1.4771	1.6021	14	3.9031	1.6021	2.5441	2.6021	0.8451	2.0000	2.0792
34	2.6021	1.7782	2.2553	2.0000	0.4771	1.4771	1.6990	13	3.6021	1.1761	2.2553	2.4771	0.6390	1.9542	2.0000
33	2.4771	1.4771	2.0792	1.4771	0.4771	1.3010	1.6021	12	3.3010	1.6990	2.3010	2.1761	0.9542	1.7782	1.9031
32	2.7782	1.6021	2.2553	1.3010	0.6021	1.3010	1.6990	11	3.3979	1.6021	2.3010	2.3010	1.0792	1.7782	1.7782
31	2.7782	1.5441	2.2553	1.4771	0.6021	1.3010	1.6021	10	3.3010	1.5441	2.1761	1.9031	1.0000	1.9542	1.6990
30	2.9542	1.4771	2.2553	1.0000	0.6990	1.3010	1.6021	9	3.3010	1.6021	2.1761	2.1761	0.9031	2.0000	1.7782
29	3.0792	1.1761	2.2553	1.3010	0.6990	1.3010	1.6021	8	3.3010	1.9542	2.2553	1.6021	1.0792	2.0000	1.6990
28	3.1761	1.0000	2.3424	1.9031	1.0000	1.3010	1.6990	7	2.7782	1.4771	1.8451	1.4771	0.6021	1.3010	1.6021
27	3.3010	1.1761	2.3424	2.3010	0.8451	1.3010	1.6990	6	3.3979	2.3010	2.3970	1.6021	1.2041	1.6990	2.0000
26	3.4771	1.3010	2.5441	2.4771	1.0792	1.9031	2.0000	5	2.6021	1.8451	1.7782	1.4771	0.4771	1.3010	1.6021
25	2.6021	1.3010	2.6021	2.6021	0.7782	1.3010	1.9542	4	2.7782	1.6021	2.0000	1.3010	1.0000	1.3010	1.4771
24	3.3979	1.4771	2.5441	2.4771	0.8451	1.3010	2.0000	3	2.6021	1.6021	2.0792	1.4771	0.6990	1.3010	1.4771
23	3.6021	1.5441	2.6021	2.3010	0.8451	1.3010	2.0000	2	3.1761	1.8451	2.2424	1.8021	1.3010	1.6990	1.6021
22	3.6990	1.6021	2.9031	2.3010	0.8451	1.6021	2.0000	1	3.0000	1.6990	2.2553	1.6021	1.1761	1.3010	1.6021
21	3.8451	1.1761	2.3979	2.6021	0.7782	1.6021	1.6990	0	3.0000	1.7782	2.3010	1.4771	1.2553	1.3010	1.6021
20	3.9541	1.1761	2.4771	2.6021	1.0792	2.0000	2.0000								
已知标准每个变量(七个)															
的对数平均值															
2.8990															
1.0460															
2.384															
1.2510															
1.1710															
1.3160															
2.0000															

表11

	d _i 值							D _i 值	
	Cu	Pb	Zn	Ag	Mo	W	Co	Σd _i	Σd _i /7
40	0.7937	0.8893	0.7982	0.7993	0.2570	0.9886	0.6959	5.2220	0.7460
39	0.8544	0.7081	0.9127	1.0399	0.5141	0.8909	0.8010	5.7211	0.8173
38	0.8544	0.6528	0.9127	1.0399	0.4074	0.9886	0.8010	5.6568	0.8081
37	0.7566	0.6774	0.8389	0.7993	0.4074	0.9886	0.7720	5.2342	0.7477
36	0.8544	0.6156	0.8721	1.0399	0.4074	0.9886	0.8010	5.5790	0.7970
35	0.8975	0.6528	0.9127	1.1801	0.5141	0.8909	0.8010	5.8491	0.8355
34	0.8975	0.5882	0.9460	1.5987	0.4074	0.8909	0.8495	6.1782	0.8826
33	0.8544	0.7081	0.8721	1.1807	0.4074	0.9886	0.8010	5.8123	0.8303
32	0.9596	0.6528	0.9460	1.0399	0.5141	0.9886	0.8495	5.9505	0.8500
31	0.9583	0.6774	0.9460	1.1807	0.5141	0.9886	0.8010	6.0661	0.8665
30	1.0190	0.7081	0.9460	0.7993	0.5969	0.9886	0.8010	5.8589	0.8369
29	1.0621	0.8893	0.9460	1.0399	0.5969	0.9886	0.8010	6.3236	0.9034
28	1.0955	0.9560	0.9825	1.5212	0.8539	0.9886	0.8495	7.2472	1.0353
27	1.1386	0.8893	0.9825	1.8293	0.7216	0.9886	0.8495	7.4094	1.0584
26	1.1973	0.8039	0.9370	1.9800	0.9216	0.6915	1.0000	7.5313	1.0759
25	0.8975	0.8039	0.9161	2.0800	0.6645	0.9886	0.9777	8.0483	1.1497
24	1.1720	0.7081	0.9370	1.9800	0.7216	0.9886	1.0000	7.5073	1.7024
23	1.2425	0.6774	0.9161	1.8393	0.7216	0.9886	1.0000	7.3886	1.0550
22	1.2759	0.6528	0.8211	1.8393	0.7216	0.8214	1.0000	7.1316	1.0188
21	1.3363	0.8893	0.9942	2.0800	0.6645	0.8214	0.8495	7.8252	1.1178
20	1.3639	0.8893	0.9624	2.0800	0.9216	0.6580	1.0000	7.8752	1.1250
19	1.4071	0.8893	0.8581	2.3206	0.7216	0.6734	0.9777	7.8478	1.1211
18	1.3797	0.8893	0.9161	2.0800	0.6645	0.8214	0.9777	7.7375	1.1053
17	1.3797	0.8893	0.9370	2.1574	0.6645	0.7400	0.9461	7.7140	1.1020
16	1.3797	0.6774	0.9161	2.2207	0.7216	0.6580	0.9461	7.5196	1.0742
15	1.2759	0.6528	0.9624	2.0800	0.7216	0.6580	1.0000	7.3507	1.0501
14	1.3463	0.6528	0.9370	2.0800	0.7216	0.6580	0.9619	7.7576	1.1082
13	1.2475	0.8893	0.9460	1.9800	0.5969	0.6734	1.0000	7.3331	1.0475
12	1.1386	0.6516	0.9651	1.7394	0.8148	0.7400	0.9515	6.9650	0.9950
11	1.1720	0.6528	0.9561	1.8393	0.9216	0.7400	0.8891	7.1799	1.0257
10	1.1386	0.6774	0.9127	1.5212	0.8539	0.6734	0.8495	6.6267	0.9466
9	1.1386	0.6528	0.9127	1.7394	0.7712	0.6580	0.8891	6.7518	0.9659
8	1.1386	0.5352	0.9460	1.2806	0.9216	0.6580	0.8495	6.3289	0.9041
7	0.9583	0.7081	0.7739	1.1807	0.5141	0.9986	0.8010	5.9274	0.8467
6	0.1720	0.4545	0.9945	1.2806	0.9725	0.7745	1.0000	6.6486	0.9498
5	1.2425	0.5669	0.7458	1.1807	0.4074	0.9986	0.8010	5.9429	0.8489
4	0.9583	0.6528	0.8389	1.0399	0.8539	0.9986	0.7385	6.0809	0.8687
3	1.2425	0.6528	0.8721	1.1807	0.5969	0.9986	0.7835	6.2821	0.8974
2	1.0955	0.5669	0.9825	1.2806	0.9000	0.7745	0.8010	6.4001	0.9143
1	1.0348	0.6156	0.9460	1.2806	0.9956	0.9986	0.8010	6.6722	0.9531
0	1.0348	0.5882	0.9651	1.1807	0.9328	0.9986	0.8010	6.5012	0.9287

七、 d_i 值计算纸

通过上述若干应用实例说明相似性判别分析方法在各种地质体含矿性评价中有一定的地质效果。这种方法对于利用多变量综合指标描述原生异常的分带性、异常分类或各类次生异常多变量综合指标成图的研究,也是一种可供选择的数据处理方法(参见实例之四)。

相似性判别分析方法虽然运算较简便,但当统计面积性的成千上万的化探样品时,多变量 d_i 值的计算工作量还是比较大的。为此,有必要设计一张“相似性判别分析” d_i 值的计算纸(图6及表12),以便减少繁重的手算工作量。此图表 d_i 值的精度能够达到相似性判别分析的要求(直读小数点后第二位,第三位为内插估计值)。

d_i 值计算纸的制图方法及简单原理是:

1. 准备一张大约为 60×60 (Cm^2)的方格纸。

2. 横座标(变量座标)的计量为每1厘米等于 $0.10X$ (X 为标准变量值,相当于已知标准的 C_m 值)。纵座标(d_i 值座标)的计量为每1厘米等于0.10。

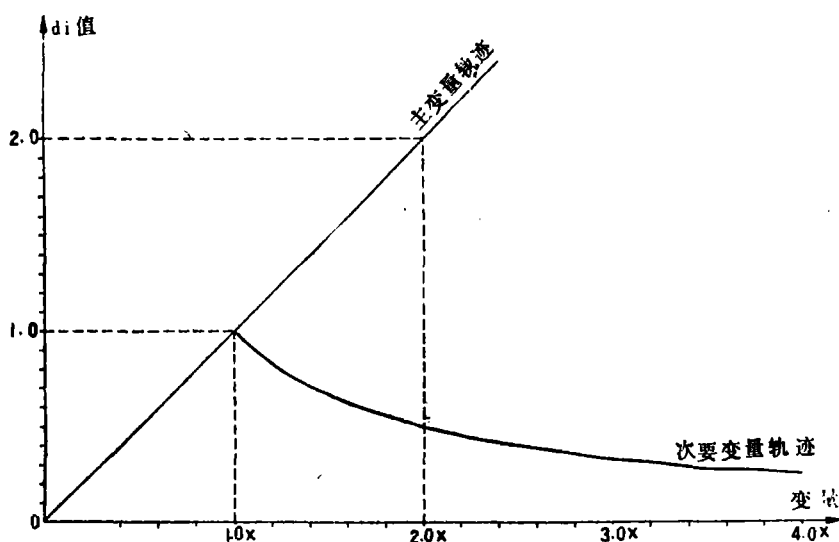
3. 因主要变量 d_i 值的计量公式规定为

次要变量曲线的特征参数

表12

已知标准变量的倍数	对应的 d_i 值	已知标准变量的倍数	对应的 d_i 值
1.00X	1.0000	1.85X	0.5404
1.02X	0.9803	1.90X	0.5263
1.03X	0.9708	1.95X	0.5133
1.05X	0.9523	2.00X	0.5000
1.07X	0.9346	2.05X	0.4877
1.10X	0.9090	2.10X	0.4710
1.15X	0.8695	2.15X	0.4651
1.20X	0.8333	2.20X	0.4545
1.25X	0.7920	2.30X	0.4348
1.30X	0.7615	2.40X	0.4166
1.35X	0.7407	2.50X	0.4000
1.40X	0.7143	2.60X	0.3846
1.45X	0.6896	2.70X	0.3703
1.50X	0.6666	2.80X	0.3571
1.55X	0.6451	2.90X	0.3448
1.60X	0.6250	3.00X	0.3333
1.65X	0.6060	3.20X	0.3215
1.70X	0.5882	3.40X	0.2941
1.75X	0.5714	3.60X	0.2777
1.80X	0.5535	3.80X	0.2631
		4.00X	0.2500

$d_i = \frac{C_n}{C_m}$, 当 C_m (已知标准) 一定时, d_i 与 C_n 就成为正比关系, 加上对纵横座标的选取处理, 这样直角座标的分角线就是主变量

图6 相似性判别分析 d_i 值计算纸

(图中横座标有“x”号者为已知标准变量值(相当于已知标准 C_m 值))

钻孔弯曲计算诺模图

湖南冶金地质勘探公司 246 队

地质剖面图上的钻孔弯曲线, 通常是根
据测定的方位、倾角和测斜深度用图解法绘
制。其缺点是作图精度不高, 工效又低, 同
时经常要用橡皮擦拭, 影响图面清洁美观。
为此, 我们曾采用计算法展点作图, 但计算
较费时, 又难以掌握, 并常发生差错。最
近, 我们编制了“钻孔弯曲计算诺模图”

(见插页), 可直接查取钻孔任一线段在勘探
线上的投影距 b 和投影于垂直线上的投影距
 c 及深度修正值 ΔL 等 (图 1)。此法作图方
便, 精度较高, 试用效果较好。

一、钻孔弯曲计算原理及公式

$$\begin{aligned} a &= L \cdot \cos \alpha, b = a \cdot \cos \varphi, c = a \cdot \sin \varphi, \\ d &= L \cdot \sin \alpha \\ \Delta L &= L - b = L - L \cdot \sin \alpha \text{ 或 } \Delta L = 2L \cdot \\ &\sin^2 \frac{\alpha}{2}. \end{aligned}$$

式中: L —钻孔测斜间隔长度 (测斜深度);

α —实测倾角 (天顶角); φ —实测方位角
与勘探线方位的夹角 (令实测方位角为 φ' ,
勘探线方位为 φ_0 , 则 $\varphi = \varphi' - \varphi_0$); a —钻
孔测斜深度在平面上的投影距; b — a 值在
勘探线上的投影距; c — a 值在勘探线垂线
上的投影距; ΔL —钻孔测斜深度 L 在垂线
上的长度修正值。

求得 b 、 ΔL 后, 即可在地质剖面图上绘
出纠正后的钻孔曲线; 据 b 、 c 值在平面图上
绘出钻孔漂斜曲线 (图 2)。

但钻孔是一渐曲线, 在此曲线上某点所
测的方位、倾角, 是曲线上该点的切线倾角
和方位角, 故上式应改为:

$$\begin{aligned} a_i &= \frac{L_i}{2} (\cos \alpha_{i-1} + \cos \alpha_i), \\ b_i &= \frac{a_i}{2} (\cos \varphi_{i-1} + \cos \varphi_i), \end{aligned}$$

(随机变量) 对应 d_i 值的变化轨迹。因此,
只要把横坐标的 X 值 (即为某一变量的已知
标准 C_m 值) 代入换算为某一变量的数值,
就可以查对该变量任一数值与平分角线交点
对应的 d_i 值。当需计算另一主变量时, 只要
换算横坐标就行了。

4. 次要变量 d_i 值计量公式规定为:

当 $C_n \leq C_m$ 时, 按 $d_i = \frac{C_n}{C_m}$ 计算;

当 $C_n > C_m$ 时, 按 $d_i = \frac{C_m}{C_n}$ 计算。

这样规定, 次要变量在直角坐标中, 随
着变量的递增, 相应的 d_i 值的变化范围为
 $0 \sim 1 \sim \frac{1}{0}$ 。当次要变量的数值等于已知标

准值时 (即 $1.00X$), 其对应的 d_i 值为 1。
当次要变量的数值为 2 倍 ($2.00X$)、
3 倍 ($3.00X$)、4 倍 ($4.00X$) 标准值时,
其对应的 d_i 值分别为 0.5000、0.3333、
0.2500。因此, 不难看出, 次要变量在上面
规定的直角坐标中相应的 d_i 值的变化轨迹
是以 1 倍 ($1.00X$) 的标准变量值为界, 左边
(即 $C_n \leq C_m$ 区间) 为直线 (平分角线),
右边 (即 $C_n > C_m$ 区间) 为曲线。右边曲线
可以通过表 12 所列“次要变量”曲线的特征
参数来确定。当横坐标换算为某一次要变量
坐标后, 就可以查对该次要变量任一随机数
值相对应的 d_i 值。