

某地超基性岩体的岩（矿）石物理、 化学特征及其生成关系探讨

甘肃省地质局物探队 丁盛典

一、问题的提出

(一) 在某超基性岩体群中，如遇有岩性不同的不同岩体，由于没有直接接触关系，它们是同期同次或同期不同次形成的？或同一岩体岩性不同的不同岩相带？当接触关系不明时，它们是分异关系？还是不同期次或同期不同次产物？

(二) 某岩体或岩相带赋存工业矿体，而其它岩体或岩相带为何不含矿，或只见有矿化体？

查明各岩（带）体之间的同异性，总结含矿岩（带）体与非含矿岩（带）体之间的区别，亦即研究其岩（矿）石在物理—化学性质上的差异，对上述问题的解决，以及缩小找矿靶区，指导未知区，特别是覆盖区的找矿，有着

重要的现实意义。

但是这个问题，仅仅通过野外地质观察一般难于解决，如果结合岩石化学、单矿物分析结果及物化探的一些参数特征，进行分析对比，则较能全面、确切地得出地质结论。为此，我们试用岩（矿）石的一些参数特征，对某岩体群的岩体、岩带之间的生成关系及其对找矿（铬）的意义，提出一些粗浅认识。

二、岩体群地质简况

岩体群从西至东较大的有 E、D、X 三个岩体（图 1），其中 D 与 X 位于同一断裂带上，相距约 4 公里，沿主断裂出露小岩体三处，磁测结果亦圈定出窄而长的磁异常带，表明它们在深部是相连的。E 和 X 岩体规模较

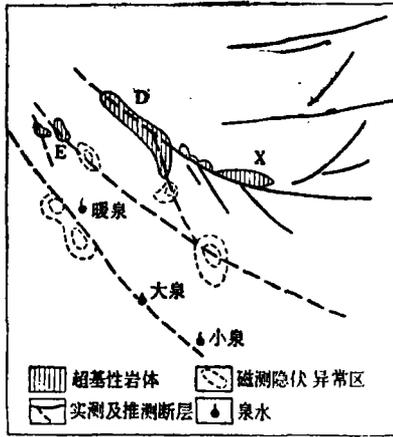


图 1 某岩群的岩体分布及构造特征示意图

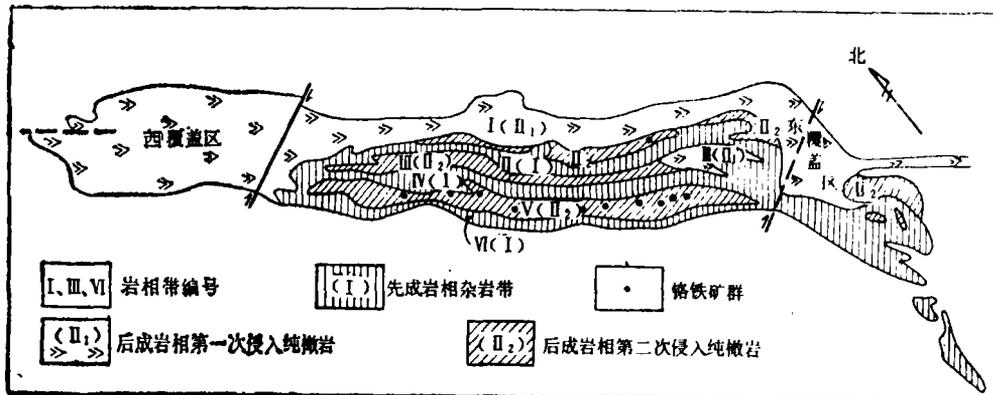


图 2 D 岩体基性—超基性岩相地质图

小,岩性单一,主要为纯橄岩相,而含辉纯橄岩和辉橄岩等均呈异离体产出。此两岩体,只在局部地段见有规模较小的矿化体。

D岩体为一经深部分异多次入侵的复合岩体,呈北西—南东向展布,其两端被覆盖,称为东、西覆盖区,经磁测推断及钻探证实覆盖下主要为纯橄岩相。中部出露区为镁铁和钙镁(铁)系列的岩类:纯橄岩和透辉岩。它们大致呈平行相间的带状分布,从北至南依次划分为I、II、III、IV、V、VI六个岩相带,其中I、III、V为纯橄岩相带,而II、IV、VI为橄橄榄岩—透辉岩—辉长岩杂岩带(图2)。

本区主要工业矿体赋存于D岩体的V岩带内,另在I带南缘亦见有少量工业矿体。

三、岩(带)体生成关系的探讨

(一)不同岩(带)体内岩(矿)石各种参数分布特征

1.岩石化学特征 从图3可见,D岩体的V岩带样品绝大部分投影点落于纯橄岩—含辉纯橄岩区域;III岩带投影点与之相重;I岩带及东覆盖区的一部分样品投影点与V岩带重合,另一部分由于f值较低(5.56~

6.22),分布于V岩带投影区之西侧。而E、X及D岩体的西覆盖区投影点均落于V岩带投影区西侧的I岩带投影区中,为纯橄岩—辉橄岩。

这里要着重说及的一点是:I岩带的一部分岩石投影与V岩带相重的范围,位处I岩带偏南部位,下称I带南缘。

V岩带、I带南缘及与V岩带相重的III岩带及东覆盖区的一部分,它们远离SM轴,均有含铁高(平均 $\langle Fe \rangle$ 为8.72%)和镁低(平均MgO为38.24%)的特点。因而m/f比值较低,在8.0上、下波动,为富镁质纯橄岩。反映岩石基性程度的B/S值,一般均 >1.9 ,表明岩石偏基性。而I岩带大部分和投影区与它相重的E、X及D岩体西覆盖区和东覆盖区大部分,它们的投影区靠近SM轴,均有含镁高(平均MgO为39.26%)和含铁低(平均 $\langle Fe \rangle$ 为7.15%)的特点,从而m/f比值较前者为高,一般在10.0左右,为超镁质纯橄岩。反映岩石基性程度的B/S值较前述为低,平均约1.83,表明岩石比前者偏酸性。由于镁铁的变化,致使前者造岩矿物橄橄榄石以贵橄橄榄石为主,而后者以镁橄橄榄石为主。因此,从岩化特征看,本区存在着在化学成分上有一定差异的两种纯橄岩相。

II、IV、VI杂岩带的岩石化学成分,与上述纯橄岩相相比,有明显差别(表1),它们的m/f比值较低(3.06~5.33),为铁质基性—超基性岩系列岩石。它们的B/S值约在1.0左右,表明岩石更为酸性。

2.铬尖晶石特征:

①附生铬尖晶石特征:岩体群中纯橄岩相附生铬尖晶石有两种不同的类型:一为含铁铝铬铁矿;另一为含铁铬铁矿。从表1可见,基础晶胞中 Fe^{2+} 和Mg的阳离子数变化不大,主要表现在Cr、Al和 Fe^{3+} 的含量上有明显差别,前者为Cr低,Al、 Fe^{3+} 高,而后者为Cr高,Al、 Fe^{3+} 低。因此,前者为高铝低铬型,而后者为高铬低铝型铬尖晶石类。它们的投影点分别落于H·B·巴甫

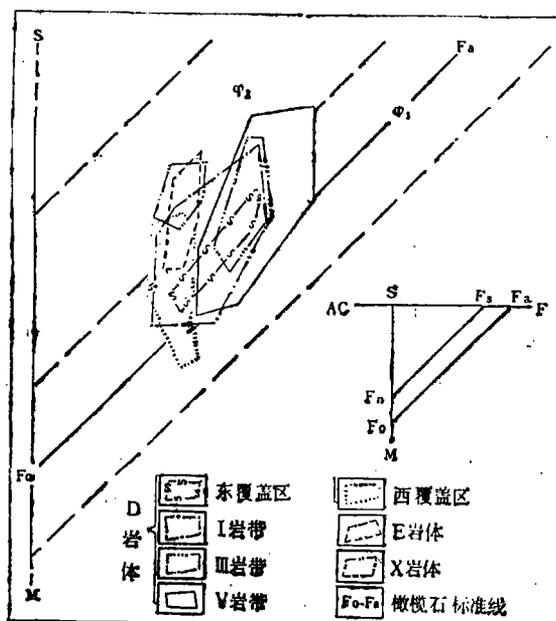


图3 某岩体群中各岩(带)体内纯橄岩岩石化学成分投影分区图(据王恒开、白文吉法)

某岩体群中不同岩(带)体内岩(矿)石各种参数表

类别 岩(带)体名称 岩石名称 各类参数值		岩石化学成分数字特征						物性参数及微量元素特征						
		ac	m	f	S	m/f	B/S	磁化率(K)	剩磁(Jr)	剩磁偏角(°)	极化率(ηs)	倍加晕(Cr·Al·Co)		
E 岩体		纯橄岩	0.47	57.70	5.61	36.20	10.51	1.75	2730	1300		7.6	50	
X 岩体		纯橄岩	0.48	55.78	5.78	37.96	10.06	1.63	1420	390	10°	8.1	60	
D 岩体	西覆盖区		纯橄岩	0.47	59.01	5.45	35.07	10.84	1.85	3820	1300		2.0	50
	东覆盖区	相I岩带	纯橄岩	0.42	59.57	6.22	33.78	9.58	1.95	3910	1600		11.0	115
		相V岩带	纯橄岩	0.85	57.05	7.92	34.18	7.25	1.91	7450	2300		34.0	530
	I岩带	I岩带	纯橄岩	0.41	59.18	5.56	34.85	10.76	1.86	3180	940	310°	6.0	45
		I带南缘	纯橄岩	0.60	57.98	7.19	34.25	8.20	1.91	6180	2100		45.0	500
	II岩带	II带东部	纯橄岩	0.65	57.24	8.09	34.02	7.18	1.93	4180	1900	310°	9.7	70
		II带西部	纯橄岩	0.83	56.31	7.93	34.93	7.20	1.85	7090	3000	200°	28.0	440
	V岩带		纯橄岩	0.77	57.64	7.43	34.16	7.89	1.91	6910	2500	198°	29.2	600
	杂岩带	I、IV、V	透辉岩	5.52	38.69	11.00	44.79	5.33	1.19	950	440	200°	1.4	280
		IV、V	辉长岩	26.65	17.43	11.50	44.42	3.06	0.87	无磁			1.3	65

说明: 1.磁化率(K)和剩磁单位为 $\times 10^{-6}$ C.G.S.M, 极化率(ηs)为%, 倍加晕(Cr·Al·Co)的单位为 $\times 10^6$ ppm²
2.铬尖晶石数字特征: φ为含铬系数; fCr为含铬分子的含铁系数; φa为含铝系数

洛夫三角图解的第IV区和第V区(图4)。m/f值稍低的D岩体的V岩带或投影区与它相重的I带南缘,东覆盖区一部分及II岩带西部(包括东端深部),它们的铬尖晶石类型为前一种。而I岩带或与其投影区相重的E、X岩体、西覆盖区及东覆盖区大部分和II岩带东端浅部,它们的铬尖晶石类型属后一种。可见,附生铬尖晶石随两种纯橄岩相化学成分的变化,类型也不一。

由单位晶胞中阳离子数求出的数值特征,含铬系数(φ),在含铁铝铬铁矿中低,在含铁铬铁矿中高;而含铝系数(φa)与含铬分子的含铁系数(fCr)与之相反(见表1)。

I、IV、V杂岩带的附生铬尖晶石与E、X岩体及西覆盖区、I岩带等处相同,说明

这两个不同系列的岩相,来自同一岩浆源。

②造矿铬尖晶石特征: E、X岩体的矿石铬尖晶石类型与D岩体V岩带和I带南缘的矿石铬尖晶石类型显然不同,各自与其围岩的尖晶石类型一样(图4)。上述不同岩(带)体的附生铬尖晶石与造矿铬尖晶石均落于同一区,这种形影相随的特点,反映出矿与各自的母岩在化学成分上的承袭性。

造矿铬尖晶石的辅助数值特征,与附生铬尖晶石的特点一致(见表1)。

3.物性参数及微量元素特征 我们按同样分区统计整理,发现D岩体的I、II岩带及东覆盖区的磁、电参数及原生晕Cr、Al、Co的倍加晕Cr·Al·Co三者乘积)统计分布曲线,均出现双峰值,其曲线右支(第二个峰值)对应的地质体与附生铬尖晶石

表 1

铬 尖 晶 石 特 征																				
附 生 铬 尖 晶 石						造 矿 铬 尖 晶 石														
铬尖晶 石类型	投影 点	基础晶胞中阳离子数					数字特征			矿 石 名 称	铬尖晶 石类型	投影 点	基础晶胞中阳离子数					数字特征		
		Al	Cr	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mg	φ	fCr	φ_a				Al	Cr	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mg	φ	fCr	φ_a
含铁铬 铁矿	1	2.43	13.41	0.16	5.17	2.83	83.65	76.10	13.35	块状铬铁矿	含铁铬 铁矿	12	1.64	14.16	0.20	4.53	3.47	88.51	62.50	10.24
含铁铬 铁矿	2	1.85	13.87	0.27	4.37	3.63	86.75	61.00	11.55	块状铬铁矿	铬铁矿	13	1.76	14.24	0.00	3.26	4.74	89.00	45.70	11.00
含铁铬 铁矿	3	2.21	13.70	0.09	4.27	3.73	85.63	61.60	13.81											
含铁铬 铁矿	4	2.05	13.66	0.29	4.33	3.67	85.37	61.25	12.81											
含铁或 富铝 铬铁矿	5	4.29	10.67	1.04	4.32	3.68	66.70	71.20	26.80											
含铁铬 铁矿	6	2.31	13.40	0.29	4.16	3.84	83.75	60.00	14.44											
含铁铝 铬铁矿	7	4.96	10.28	0.76	4.30	3.70	64.25	76.25	31.00	中等浸染状 铬铁矿	铝铬 铁矿	14	5.23	10.10	0.67	3.43	4.57	63.20	61.20	32.61
含铁铬 铁矿	8	2.91	12.35	0.74	4.85	3.15	77.18	72.25	18.20											
含铁铝 铬铁矿	9	5.67	9.44	0.89	4.45	3.55	59.20	84.90	35.44											
含铁铝 铬铁矿	10	5.41	9.79	0.80	4.34	3.66	61.20	80.40	33.80	中等浸染一 星散状铬 铁矿	含铁铝 铬铁矿	15	4.90	10.34	0.76	4.01	3.99	64.65	70.00	30.60
含铁铬 铁矿										块状一稠密 浸染状铬 铁矿	铝铬铁 矿	16	4.97	10.51	0.52	3.87	4.13	65.70	68.60	31.05
含铁铬 铁矿	11	2.38	13.11	0.51	5.00	3.00	81.93	72.40	14.88											

类型含铁铝铬铁矿区域一致；而曲线左支（第一个峰值）对应的地质体与附生铬尖晶石类型含铁铬铁矿地区相同，表明本区两种纯橄岩相在岩石物理性质与微量元素含量上也不一样。现将各特征值列述如下：

①磁参数：

a、磁化率(K)和剩磁(J_r)的特征：从表1可见，附生铬尖晶石为含铁铝铬铁矿的岩(带)体，K为6180~7450×10⁻⁶C.G.S.M，J_r为2100~3000×10⁻⁶C.G.S.M；而含铁铬铁矿的岩(带)体(杂岩除外)，K为1420~4180×10⁻⁶C.G.S.M，J_r为390~1900×10⁻⁶C.G.S.M。因此，可以看出两种纯橄岩相磁性不一，后者比前者低。

b、剩余磁化偏角(D)特征：D岩体I岩带的剩磁偏角为310°，而X岩体为10°，这

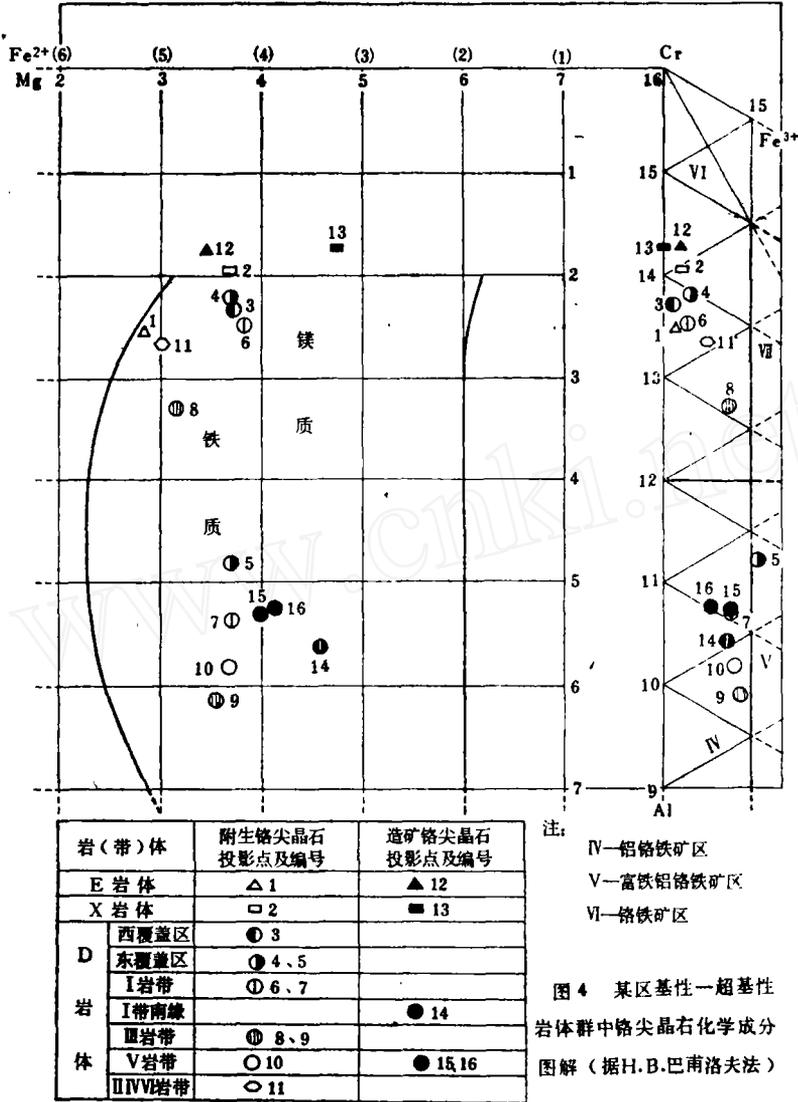
是由于构造线方向变动，致使二者相差60°（见图1）。Ⅱ岩带东部剩磁偏角与I岩带完全一样，与之西部近乎相反，西部剩磁偏角为200°，与V岩带剩磁偏角接近(198°)，见表1。

杂岩带表现为无磁至弱磁性，K为950×10⁻⁶C.G.S.M，J_r为440×10⁻⁶C.G.S.M，它们的剩磁偏角均在200°±。

②电参数(η_s)：

η_s的变化与磁性特征一致，在磁性高的纯橄岩(带)体内，η_s也高，为28.0~45.0%；在磁性低的纯橄岩(带)体内，η_s也低，为2.0~11.0%。前者比后者平均高约6倍。

杂岩带的极化率在超基性岩体中最低，η_s均在2.0%以下。



③微量元素Cr、Al、Co倍加晕特征：

倍加晕在两种纯橄岩相中差别更加明显,在高磁、高极化率的纯橄岩中为 $440\sim 600 \times 10^6 \text{ppm}^3$;而在低磁、低极化率的纯橄岩中则为 $45\sim 115 \times 10^6 \text{ppm}^3$ 。前者比后者高达5~10倍。

杂岩带中倍加晕介于上述两种纯橄岩之间,为 $65\sim 280 \times 10^6 \text{ppm}^3$ 。

上述特征表明纯橄岩相与杂岩带差异很大。结合附生铬尖晶石类型等特征, I、V岩带及II岩带东、西部并非同一纯橄岩相。理一化性质不同的两种纯橄岩相,说明成岩

时其物理化学条件是不一致的。

(二) 参数特征与成岩之间的关系

基性—超基性岩,一般是在中深成相熔融结晶分异,经构造运动到达上侵部位,很少与围岩作用,故总体还是保持原始岩浆成分,从而反映在岩(矿)石的物理性质与化学成分上应该大体接近,岩相之间如果是分异的话,参数特征一般变化不大或呈渐变过渡关系;反之不同期次或同期不同次所形成的岩性相同的岩(带)体,由于它们在不同的理一化条件下形成,故在岩(矿)石的物理性质与化学成分上必然有较大差异,参

数特征表现为突变关系,甚至出现相反现象。基于此点,根据参数特征,我们对某岩体群各岩(带)体之间的生成关系,提出以下几点看法:

1. D岩体的杂岩带与纯橄岩相关系:

I、IV、VI杂岩带与纯橄岩相,它们为两种不同系列的岩类,无论岩石化学成分及物理参数特征,均有明显差别,同时在纯橄岩相中见有杂岩带辉石岩之捕虏体,因此,杂岩带为先成侵入岩相,而纯橄岩为后成侵入岩相。

2. D岩体纯橄岩相 I、V岩带之间关系:

前人根据含矿情况,把V岩带称为含矿纯橄岩相;而I岩带(I带南缘除外)称为非含矿纯橄岩相,又据岩化和铬尖晶石之差异,认为二者为分异关系。经参数统计整理,分析对比结果,我们认为并非如此,现把二者主要参数特征不同之点,列于表2。

从表2可见, I、V岩带的两种纯橄岩相,各参数值相差2~5倍,甚至10倍多,呈明显突变关系,同时附生铬尖晶石及橄榄石类型和剩磁偏角等差异甚大。这些特点均表明在成岩时的理一化条件不尽相同,因此,我们认为二者并非分异关系,而是两次侵入即同期不同次产物。

3. D岩体的II岩带及东、西覆盖区归属问题:

从图3看,II岩带与V岩带岩石化学成分投影区相重,但从附生铬尖晶石,磁、电参数及倍加晕特征看,东、西部有明显差别,各自与I、V岩带类似,因此,II岩带东部应为I岩带纯橄岩相,西部为V岩带纯橄岩相(见表1)。

关于东、西覆盖区,前人众说纷云,归结有三种看法:

①东、西覆盖区之纯橄岩相为I、V岩带纯橄岩延伸汇合体,因此南、北各自为V岩带和I岩带之纯橄岩;

②东、西覆盖区均为I岩带之纯橄岩相;

③西覆盖区为I岩带纯橄岩相,而东覆盖区大部分为I岩带纯橄岩,少部分为V岩带纯橄岩。

根据岩石化学、单矿物分析结果及物性和倍加晕等参数特征,按南、北分区统计的全面分析对比结果,我们同意第三点看法(图2)。

4. D岩体 I、V岩带两种纯橄岩相生成关系:

首先参数特征对比表明,II岩带东部与I岩带纯橄岩为同次产物,它们被与V岩带相同岩性的I带南缘穿插;其次,东覆盖区类似I岩带之纯橄岩(相对为低磁、低极化率)中有类似V岩带纯橄岩(高磁、高极化率)零星分布,即侵入其中(图2);第三,根据

表 2

参数名称 \ 参数值	I 岩 带 (第一次侵入非含矿纯橄岩相)	V 岩 带 (第二次侵入含矿纯橄岩相)
m/i	10.76	7.89
橄榄石类型	贫 橄 榄 石	贵橄榄石
附生铬尖晶石类型	高铬低铝型含铁铬铁矿	高铝低铬型含铁铝铬铁矿
磁化率(K)	$3180 \times 10^{-6} \text{C.G.S.M}$	$6910 \times 10^{-6} \text{C.G.S.M}$
剩磁(Ir)	$940 \times 10^{-6} \text{C.G.S.M}$	$2500 \times 10^{-6} \text{C.G.S.M}$
剩磁偏角(D)	310°	198°
极化率(ηs)	6.0%	29.2%
倍加晕(Cr·Al·Co)	$45 \times 10^6 \text{ppm}^{\#}$	$600 \times 10^6 \text{ppm}^{\#}$

相同岩性, 由于时代不同(或期次不同)标本测定结果, 较老岩石比较新岩石磁性较低。依上述三点, 我们认为I岩带或类似I岩带之纯橄岩为第一次侵入的纯橄岩相(I₁); 而V岩带, I带南缘, III岩带西部及东覆盖区一部分, 为第二次侵入的纯橄岩相(I₂)。

5. 岩体之间的成因关系:

从表1及不同岩(带)体内岩(矿)石各种参数分布特征的论述、分析对比结果, 可以清楚地看出, E、X岩体之纯橄岩相与D岩体之I岩带、III岩带东部、西覆盖区及东覆盖区大部分之纯橄岩, 它们的岩石化学成分投影点区域基本重合, 附生铬尖晶石类型一样, m/f比值及磁、电和倍加晕等参数特征基本接近或类似, 因此, 为同期同次形成。

四、划分两次侵入纯橄岩相对找矿(铬)的意义

从地质情况可知, 本区主要工业矿体赋存于D岩体的V岩带内, 参数特征与之相同的同次形成的纯橄岩相如I带南缘亦见有少量工业矿体。资料表明此岩相岩石基性程度高, 主要造矿元素Cr、Al及Fe³⁺含量高

(Cr₂O₃为0.86~1.32%, Al₂O₃为0.36~0.51%, Fe³⁺为0.76~1.04), 这是有利成矿的先决条件。它们的磁、电参数: K为6180~7450×10⁻⁶C. G. S. M, Jr为2100~3000×10⁻⁶C. G. S. M, ηs为28.0~45.0%, 反映物理场为高磁高极化率的特点; 而第一次侵入的纯橄岩相的主要造矿元素, Cr、Al、Fe³⁺含量低(Cr₂O₃为0.30~0.85%, Al₂O₃为0.18~0.35%, Fe³⁺为0.09~0.74), 同时根据铬尖晶石的辅助数值特征看, E和X岩体及D岩体的I岩带、III岩带东部、西覆盖区和东覆盖区大部分含铬系数较D岩体V带(或相同岩相)为高, 而含铝系数(φa)和含铬分子的含铁系数(fCr)较V岩带(或相同岩相)为低, 岩石偏酸性。这些特点表明, 此种纯橄岩相不利于成矿或只有规模小高品位的矿化体。相对前者为低磁低极化率的特征, K为1420~4180×10⁻⁶C. G. S. M, Jr为390~1900×10⁻⁶C. G. S. M, ηs为2.0~11.0%。因此, 在本区超基性岩体群中, 利用磁、电等综合物探方法, 可以有效地在未知区, 特别是在覆盖区寻找和圈定第二次入侵的纯橄岩相—含矿纯橄岩相。

(上接第11页)

床, 及在沉积阶段具有一定矿化浓集, 而在变质改造中成为工业矿体的变成矿床; 次要的成为矿物质来自古老的含铜火山建造或其他含铜地质体的剥蚀。矿床特点虽介于火山岩型与沉积岩型铜矿之间, 而具有独特性。三者之间的相互联系和相互区别有如表3。因此不宜把它从属于火山岩型或沉积岩型铜矿范畴, 而必须赋予它一种独立的铜矿类型概念。

变质岩型铜矿的形成与地槽发展特点紧密相关。地槽发展具有旋回性, 旋回的沉积阶段性鲜明(存在着陆屑建造向碳酸盐建造的发展), 各沉积阶段相应应有钠质火山岩类发育, 从而使地槽沉积具有火山—沉积建造的特征。这类地槽沉积层中有产生变质岩型铜矿的可能, 尤其在韵律发育、振荡明显的地槽拗陷期沉积层中。地槽的拗陷缓慢, 地槽海深度很浅, 拗陷与堆积长期趋向平衡, 发展过程缺乏振荡和突变, 沉积层厚度虽然可能很大, 然而沉积物质单调, 火山岩类少见, 这类地槽沉积层中极少能形成较大规模的变质岩型铜矿。

从我国已知变质岩型铜矿在区域上的分布和成矿地质条件资料分析, 陆台的边缘地区, 有前寒武系基底层大片出露的次一级地轴或地盾构造单元的边部, 尤其是那些呈岛状或半岛状出露的更次级构造单元, 是寻找变质岩型铜矿的有远景地段。同样, 对古生代褶皱带与陆台相邻接的地段也不应忽视。