

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

镁铁质岩浆铂族元素矿床找矿标志的探讨

罗 必 伦

(云南省地质局)

笔者曾根据铂族元素的矿质来源和成因,将铂族元素矿床划分为镁铁质岩浆矿床、热液矿床和外生(砂铂)矿床三大类型¹⁾。第一大类型中,又据其伴生的主要金属或含矿母岩类型的不同而分为硫化物型、铬铁矿型和辉石型三个矿床亚类。

铂族元素在地壳中的含有率很低,一般为0.001—0.01克/吨¹⁾,单矿物粒度极细,一般为0.005—0.09毫米,肉眼不易识别。现综合国内外主要铂族元素矿床资料,就镁铁质岩浆铂族元素矿床中三个亚类型矿床的找矿标志试作初步探讨。

一、铁质岩浆硫化物型铂族元素矿床的找矿标志

当铁质含硫岩浆由上地幔沿深(大)断裂带侵入地壳稳定地区,并固结时,铂族元素就和镍、铜、钴一起析出,有少部分铂呈砷铂矿与磁铁矿及铁钛矿一

起先于硫化物而沉淀;大部分铂族元素则以类质同象混合物或单矿物包体加入各种金属硫化物中。这些硫化物在铁质岩浆分异时多形成浸染状矿石,呈透镜体赋存于侵入体底部及其边缘部分。矿石硫化物的原生组合主要为磁黄铁矿、镍黄铁矿和黄铜矿,矿石中铂族元素与铜、镍、铁硫化物紧密伴生。然而并非所有的铜、镍、铁硫化物浸染体都伴生铂族矿物,只能在一定的地质条件下,才能形成矿床。现就这些地质条件对找矿标志²⁾作些探讨。

(一) 成岩(矿)构造条件

我国这类型矿床或矿点,多集中出现在川滇和燕辽两个地区的铁质基性-超基性杂岩体之中,大部分出现于稳定或较稳定地区及其边缘地区。如地盾、地台及地槽边缘隆起区或地台与地槽接壤过渡带偏地台一侧,受深(大)断裂带和三、四级褶皱构造控制(表1)。这类矿床在国外产出的构造位置亦多如此。

表 1 铁质岩浆硫化物型主要矿床所在大地构造位置表

矿床名称 构造单元	梅林斯基层	萨德伯里	诺里尔斯克	金 川	金 宝 山	杨 柳 坪
一级构造	非洲地盾南缘	加拿大地盾中央地块南缘	苏联西伯利亚地台西北缘	中国阿拉善地块南部边缘	中国扬子准地台西南边缘扬	中国扬子准地台西部边缘
三或四级构造	岩体侵位于近东西向的向斜盆地中	岩体侵位于北东东向斜褶皱盆地(或下陷盆地)中	岩体侵位于北东向断裂带中	岩体侵位于边缘隆起带北侧隆起与盆地之间	岩体侵位于滇中台拗边缘红河断裂带北东侧	岩体侵位于北北西向银厂沟倾没倒转背斜轴部

仅科马提岩类中的矿床产于活动地带,其硫化物均富镍、铜、钴、贫铂族。而不含铂的硫化铜镍矿床,则多形成于造山运动后较为宁静的地槽或地台区²⁾。

(二) 成岩(矿)时期

据现有资料统计,我国具铂、镍、铜建造的铁质

基性-超基性杂岩体的成岩时期有加里东晚期、华力西期和燕山期等。其中以加里东晚期(朱布等)和华

- 1) 罗必伦, 1979, 铂族元素矿床类型划分与找矿方向的初步探讨。地质与勘探, 第3期。
- 2) 罗必伦, 1978, 云南铂族元素矿床类型及找矿标志简介。地质科技, 第2期。

力西期(金川¹⁾、金宝山等)为我国铁质 岩浆硫化物型铂族元素矿床的重要成矿时期,而世界上同类型铂族元素矿床的主要成矿期,则多为元古代(如南非梅林斯基层和加拿大萨德伯里等),苏联的诺里尔斯克铂矿床的成矿期则为印支期。不含铂硫化铜镍矿床的成岩(矿)时期不受此限制,由元古代至喜山期均可成矿。

(三) 含铂岩体形态

据统计,凡具较大工业意义的该类型铂族元素矿床,大多赋存于岩盆、似岩盆、岩盘和岩床状的铁质基性-超基性杂岩体中(表2),仅个别例外,为陡倾斜的岩墙状岩体。岩体中各岩相带的分布具上酸下基的垂直分异特点者,常称为具“酸性核”的岩体,一

表 2 主要含铂岩体形态表

矿床名称	梅林斯基层	萨德伯里	诺里尔斯克	金 川	金 宝 山	朱 布	杨 柳 坪
岩体形态	岩盆状	岩盆状	岩盘状	岩墙状	岩床状	似岩盆状	岩 床 状

般都是含矿岩体,如朱布等;岩体中各岩相带的分布横向上具对称分异的特点,由两侧向中心基性程度渐次增高者,可称为具“基性核”的岩体。这类岩体有的含矿,如金川岩体;有的不含矿。含矿与不含矿可能与成岩深浅有关,浅成相含矿性差。

(四) 含铂岩体类型

国内外,已知赋存该类型铂族元素矿床的岩体类型有:

1. 超基性岩体

① 云母角闪单辉辉橄岩-云母角闪 单辉 橄橄岩-单辉辉石岩型(金宝山);

② 二辉橄橄岩型(金川、热水塘等);

③ 角闪橄橄岩型(碗厂等);

④ 橄橄岩-辉石岩型(蓝区);

⑤ 橄橄岩-透辉岩型(五星二营)。

上述各类型中均常见含一定量的角闪石为其特征。其中以①、②类型岩体含矿性最好。

2. 基性-超基性杂岩体

⑥ 单辉橄橄岩-单辉辉石岩-辉长岩型(朱布、杨柳坪²⁾等);

⑦ 角闪橄橄岩-角闪辉石岩-辉长岩型(迎风村);

⑧ 角闪橄橄岩-角闪辉石岩-辉长岩型(荒草坝);

⑨ 斑状古铜辉石岩-苏长岩型(梅林斯基层)。

上述各类型中以⑥、⑨类型岩体含矿较佳。

3. 基性岩体

⑩ 辉长辉绿岩型(诺里尔斯克);

⑪ 苏长岩型(萨德伯里)。

(五) 含铂岩体岩石化学特征

已知赋存本类型铂族矿床的基性-超基性杂岩体中,主要含铂岩石的主要化学成分(表3)表明,各类含

铂岩石均富铁(含 Fe_2O_3 0.95—8.66%, FeO 3.33—11.32%)、富钙(含 CaO 1.35—13.70%)、贫镁(含 MgO 13.98—34%)。其镁铁比值 m/f (原子比)绝大多数都小于5,一般在3—4之间;而不含铂的硫化铜镍型岩体,其各类岩石的镁铁比值波动在0.85—5.41间,多数在3以下,如力马河岩体平均镁铁比值为1.5³⁾,白马寨岩体镁铁比值为1.53—2.95间⁴⁾。基性度(M/S)在0.78—1.79之间。我国以单辉(或二辉)橄橄岩岩相含矿性最好,一般 m/f 值为3—4.5, M/S 为1.32—1.79;次为单辉(或二辉)辉石岩岩相含矿性较好,一般 m/f 为2.3—4.22, M/S 为0.87—1.56;辉长岩岩相,镁铁比值小于2.5,基性度也小于1,一般不含矿。但国外则以辉长辉绿(或苏长)岩岩相含矿性最好,次为斑状古铜辉石岩岩相。可见,同属铁质基性岩相,国内的基本不含矿,而国外则含矿性最好,如萨德伯里、诺里尔斯克等。

(六) 含铂岩体蚀变特征

基性、超基性岩中,一般常见的蚀变现象是橄橄石的自变质蛇纹石化和单斜辉石的次闪石化,辉石岩中的黑云母化和斜长石的绿泥石化、绿帘石化等。而与铂族元素矿化关系密切的蚀变,则为蛇纹石化、碳酸盐化、次闪石化、黑云母化和围岩中的矽卡岩化及角岩化等。这些蚀变常使围岩中分散的铂族元素,再

- 1) 甘肃地质六队, 1974, 甘肃某硫化铜镍矿床中有益伴生元素的分布富集规律。铬镍钴铂地质矿产专辑, 第3集, 地质出版社。
- 2) 姜显超等, 1978, 某含铂硫化铜镍矿床成因的初步认识。地质科技, 第6期。
- 3) 铬镍钴铂地质矿产专辑, 第2集, 74、93页。地质出版社。
- 4) 铬镍钴铂地质矿产专辑, 第1集, 136、137页。地质出版社。

表 3 含铂岩体主要岩石化学特征表

岩类 主要化 学成分 矿床名称	单辉 (或二辉) 橄辉岩 (%)						m/f*	单 辉 辉 石 岩 (%)						m/fM/S	辉 (苏) 长 岩 (%)					m/fM/S				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO				
金宝山	35.63	2.36	3.98	5.84	16.64	1.56	2.00	1.32	38.49	3.42	3.28	6.10	16.97	2.58	2.30	1.09	43.56	10.51	2.26	9.77	16.66	7.20	2.54	0.99
	39.57	8.13	8.28	9.13	32.29	7.45	4.38	1.48	45.54	6.60	8.66	10.45	28.32	10.40	3.70	1.56								
朱 布	37.07	2.73	4.61	6.76	24.52	1.35	3.51	1.44	41.60	2.67	2.04	8.71	15.44	6.36	2.64	0.78	47.89	11.92	0.72	0.07	8.94	8.46	1.47	0.49
	42.38	5.31	7.45	7.76	30.92	7.13	4.32	1.61	50.49	4.47	5.02	9.20	24.54	11.99	3.13	1.53								
硇山臂	39.83	3.14	4.46	8.48	25.18	3.14	3.01	1.55	47.50	3.79	3.47	7.45	17.60	6.50	2.67	0.89	50.20	9.35	2.99	6.67	11.97	12.54	2.23	0.79
	40.57	4.71	6.45	10.67	31.43	4.06	3.92	1.59	50.17	6.31	7.27	7.64	24.46	8.55	2.90	1.08								
热水塘	37.66	1.06	4.66	7.25	27.65	3.49	3.24	1.54	49.46	2.55	1.26	7.34	18.60	13.63	3.88	1.00								
	39.68	2.56	6.85	11.32	31.40	6.70	4.06	1.65																
迎风村	39.21	3.87	1.19	6.31	18.38	2.49	3.28	1.07	45.99	6.82	2.02	7.99	18.15	10.91	3.24	1.04	46.18	10.51	1.53	9.54	4.74	8.82	0.59	0.61
	46.38	7.58	6.52	8.55	32.62	10.32	4.62	1.59									47.78	14.67	2.46	12.16	12.84	10.56	2.08	0.88
杨柳坪	38.84	5.03	2.29	7.28	24.04	3.19	4.12	1.07	48.81	9.70	0.95	9.39	14.85	10.35	2.61	0.93	46.70	14.38	2.53	6.88	6.24	10.36	0.92	0.62
	40.90	5.41	3.42	8.50	27.02	5.51	4.52	1.39																
金 川	35.82	2.36	4.12	4.49	30.13	1.48	4.48	1.60	43.95	5.94	6.08	3.33	13.98	4.81	2.71	0.87								
	40.02	4.77	7.56	8.11	34.00	3.39	5.10	1.79	49.72	11.04	6.29	5.19	26.02	13.76	4.22	1.24								
诺里尔斯克																	41.30	10.10	2.28	7.88	5.59	6.66	0.42	0.62
																	50.70	16.20	5.43	11.90	24.50	11.90	1.72	1.52
萨德伯里																	51.70	14.20	0.79	6.06	1.58	3.76	0.17	0.22
																	61.80	18.60	3.27	9.28	6.47	8.02	0.96	0.50

$$* \text{ M/S (基性度) } = \frac{\text{Fe}^{+++} + \text{Fe}^{++} + \text{Mg} + \text{Ca}}{\text{Si}} \quad (\text{原子比}), \quad m/f = \frac{\text{Mg}^{++}}{\text{Fe}^{+++} + \text{Fe}^{++}} \quad (\text{原子比}).$$

$$** \frac{35.63}{39.57} = \frac{\text{最低值}}{\text{最高值}}.$$

次溶解、迁移、富集叠加于岩浆矿石之中,使其矿石品位增富。

(七) 成矿部位及矿体产状

该类型铂族元素矿体在铁质基性-超基性杂岩体中的赋存部位及其产状:①赋存于杂岩体底部波状起伏凹槽部位的二辉橄榄岩相带中,矿体常呈扁豆状、透镜状或似层状(如金川)叠加于铜、镍矿体中、下部或脆弱带等部位,在岩浆晚期形成铂、钯富集体;②赋存于杂岩体底部内接触带的单辉橄榄岩相带内,矿体呈似层状或皮壳状(如朱布)环绕岩体底、边部产出;③赋存于杂岩体底盘或其围岩地层中,矿体呈带状、似层状或脉状(如诺里尔斯克和萨德伯里等)产出;④赋存于杂岩体中上部含云角闪单辉橄榄岩相带内,矿体呈似层状和透镜状等(如金宝山)产出。

岩体中的铂族元素矿(化)体与铜、镍矿(化)体的空间关系:①铂、钯的富集空间与铜、镍硫化矿体的富集空间完全一致。铜、镍硫化物富集体,也就是铂、钯的富集体(如朱布、杨柳坪¹⁾);②铂、钯富集于铜、镍硫化物富集空间的局部地段,而在贫硫化物地段,仅是个别样品中铂、钯品位略高(如金川、热水塘等);③铂、钯富集空间与铜、镍硫化物富集空间有所偏离(如五星二营)。

(八) 金属硫化物

赋存于铁质基性-超基性杂岩体中的金属硫化物,可作为寻找与铜、镍硫化物矿化有关的铂族矿床的直接找矿标志,并可根据金属硫化物的组合、种类、含量和形态来识别铂族矿层厚度与目估矿石中的铂、钯品位等。如果矿石中的金属硫化物组合复杂,种类繁多,含量高,且呈脉状或复式脉状产出时,则矿石中铂族元素品位相对较高。

(九) 金属硫化物的“质”*

大量统计资料表明,硫化物的“质”是反映矿床含铂性、矿石品位和矿床潜在规模的重要标志。作为铁质岩浆矿床,硫化物的“质”又与含矿母岩的类别有关。现已探明具较大工业价值的矿床,其金属硫化物的“质”多属贫铁、富铜镍或镍,也有个别属富铁、贫铜镍的,如金宝山。

矿石硫化物中,99%以上的金属元素为铁、铜、镍,非金属元素几乎全为硫。因此,从硫化物中已知铜、镍的含量便可大致了解铁的含量。

硫化物“质”的变化将引起与硫化物相伴生的铂族元素含量的变化。故硫化物的“质”与含铂丰度的

关系为:①硫化物中铜、镍含量增加,特别是铜含量增高时,相伴的铂、钯含量亦增高,钼、铼、钨、铋的增减趋势则与铂、钯相反;②矿石及硫化物中, $Cu/Cu + Ni$ 值(重量比)的增高,是含矿母岩分异程度增高的标志。故硫化物中铂、钯含量亦增高,而 $Cu + Ni/Pt + Pd$ 值(重量比)则相应降低(表4)。当 $Cu/Cu + Ni > 0.3$, $Cu + Ni/Pt + Pd$ 值为 $2 \times 10^3 - 96 \times 10^3$,一般为 $5 \times 10^3 - 20 \times 10^3$ 时,矿石硫化物中含铂与钯之含量每吨为几克至上百克;当 $Cu/Cu + Ni < 0.3$, $Cu + Ni/Pt + Pd$ 值多大于 7×10^3 时,硫化物中含铂与钯之和多小于0.5克/吨;③与硫化物中铜、镍含量变化相应的是铜、镍、铁的硫化物相对百分含量亦变化。当硫化物中磁黄铁矿的数量相对减少,铜、镍硫化物数量相对增加时,特别是铜的硫化物量增加,

表4 主要铂矿区硫化物(矿石)中Cu, Ni, Pt, Pd 比值(重量比)表

矿区名称	岩相代号	Cu/Cu + Ni	Pd/Pt + Pd	Cu + Ni/Pt + Pd
金川Ⅱ区	φ_3^2	0.37	0.40	96×10^3
		0.45	0.32	45×10^3
		0.50	0.19	12.4×10^3
		0.23	0.50	53.3×10^3
金川Ⅰ区	φ_3^2	0.38	0.38	32×10^3
		0.35	0.39	63×10^3
朱 布	φ_3^3	0.45	0.32	4.6×10^3
		0.50	0.35	3.7×10^3
杨柳坪	φ_3^3	0.35	0.62	10.3×10^3
		0.13	0.64	13.4×10^3
鞍山臂	φ_3^2	0.49	0.41	3×10^3
		0.46	0.56	
金宝山	φ_3^3	0.53		
		0.38	0.62	2.5×10^3
五星二营	φ_5^3	0.81	0.62	10.2×10^3
		0.81	0.75	5×10^3
		0.84	0.69	2.2×10^3
		0.96	0.69	2×10^3

1) 苏荣跃, 1978, 某含铂硫化铜镍矿床铂族元素赋存状态及富集规律。地质科技, 第6期, 地质出版社。

* 矿石中金属硫化物的“质”是指硫化物集合体中铜、镍、铁、硫、硒等组分的相对含量及其结晶方式。详见中国科学院地球化学研究所铂矿组 1978 年编著的我国含铂地质体特征及铂族矿物(讨论稿)中的第五章(油印本)。

是与硫化物相伴生的铂与钯之含量亦明显地增加；④在金川矿床中，随着铜矿物中方黄铜矿的增加，含铂与钯之含量亦明显地增加。

(十) 褐铁矿化带

常常在铁质基性-超基性杂岩体出露区，发现褐铁矿呈脉状填充岩石裂隙中或呈薄膜状分布于岩石表面，成带出现。这是由于岩石中的金属硫化物黄铁矿、黄铜矿及镍黄铁矿等暴露于地表，首先氧化成可溶性的硫酸亚铁和硫酸铜。硫酸亚铁进一步氧化而生成硫酸，硫酸铁易水解成氢氧化铁胶体，而该胶体脱水沉淀即为褐铁矿、针铁矿和水针铁矿等；硫酸铜溶解度很大，若遇到碳酸盐溶液，则易起化学作用，成为碳酸铜沉淀出来，即生成孔雀石和蓝铜矿。

所以，如若在铁质基性-超基性杂岩体出露区发现褐铁矿化带和孔雀石、蓝铜矿等金属硫化物的氧化矿物时，应特别注意在其中深部寻找原生的硫化物型铂族矿床。当然不含铂族的硫化铜镍矿床，也具有此特征，这就需借化学分析来区别了。

二、镁质岩浆铬铁矿型铂族元素矿床的找矿标志

该类型矿床中的铂族矿物，大部分呈自然铂矿物形态出现。所谓自然铂矿，系指铂族元素与铁元素等组成的自然合金型矿物，以重铂元素钌、铑、铂为主。间或也有少量铂族元素的硫化物、砷化物等所构成具工业意义的铂族元素矿床，常常与镁质超基性岩中的铬铁矿伴生，其铬尖晶石化学成分以含铁高为特征（表5）。含铂母岩浆多属直接来源于地幔的独立超基性岩浆，即侵入于活动地槽区的镁质或超镁质超基性岩浆。但并非所有镁质超基性岩中的铬铁矿床都伴生铂族元素矿床，那些含铁量低的铬铁矿（表6）就不含铂族元素或含铂族元素甚微。现归纳该类型矿床的找矿标志如下¹⁾：

(一) 对比伴铂的和非伴铂的铬铁矿成分，找出两者的差别是非常重要的。可将造矿铬尖晶石与副矿物铬尖晶石的作用等同看待，因为含铂镁质超基性岩体中同类超基性岩岩石的造矿铬尖晶石和副生铬尖晶石的成分差异很小。而伴铂与非伴铂的铬尖晶石，则有本质的不同。伴铂铬尖晶石化学成分的最大特点是含铁量高（表5）。

根据伴铂和非伴铂铬铁矿的单矿物化学成分以及副矿物铬尖晶石化学成分的对比如果表明：产在纯橄岩中伴铂铬尖晶石的铬铁比值（原子比）从0.8—2.4

间；表5表明伴铂铬尖晶石中 $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量高，在30—50%之间变动；表6表明非伴铂铬尖晶石中的 $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 量小于20%。以此可作为寻找该类型矿床的重要标志。

(二) 含铂镁质超基性杂岩体大多数具有同心环状构造（如苏联依纳格林岩体⁽²⁾、南非布什维尔德杂岩体等），有的也具条带状构造。

(三) 含铂镁质超基性杂岩体之纯橄岩岩石普遍为富镁质的，其镁铁比值多大于6.5；也有铁质的，但这是极个别的。

(四) 含铂镁质超基性杂岩体中的橄榄岩类，单斜辉石发育。如单斜辉石橄榄岩和单斜辉石岩类是含铂镁质杂岩体的特征岩石类型。

(五) 伴铂铬尖晶石中铁高，在标准薄片几乎不透明，具较强的磁性，用一般磁铁便可吸取。即令寻找次生砂铂矿床，高铁铬尖晶石也是极有利的指示矿物之一。

(六) 在大地构造位置上，纯橄岩-辉石岩-辉长岩型铂族元素矿床多产于地槽褶皱带中（如苏联乌拉尔、我国西藏等）。其杂岩体受超壳大断裂的次级断裂控制，常呈大小不等的透镜体沿褶皱山脉走向呈线状或带状分布；纯橄岩-辉石岩-碱性辉长岩型、镁铁橄榄石纯橄岩-辉石岩-苏长岩型和纯橄岩-单斜辉橄岩-辉橄岩型铂族元素矿床多产于古老结晶基底的变质岩系中，如苏联依纳格林、南非布什维尔德和我国河北²⁾等地，其岩体多具面型分布特征。

三、铁质岩浆辉石岩型*铂族元素矿床的找矿标志

这种类型的矿床是我国地质工作者近年来发现的一种新类型。它是由含铂铁质基性-超基性杂岩体侵入于稳定区的特定地质构造条件下产生的，它与硫化物型铂族矿床的最大区别，就在于它没有特征性的金属硫化物伴生，故找矿难度较大。从宏观看，其含铂杂岩体仍属侵入于稳定地台区或地台边缘区的，可能由拉斑玄武岩浆分异形成的铁质基性-超基性杂岩类。其含铂母岩均属偏基性的辉石岩类，也是有别于硫化物型铂族矿床的特征之一。根据河北某矿床特征，总

1) 白文吉，1973，自然铂族元素矿床的主要特征及找矿标志问题。地质科技，第2期。

2) 中国地质科学院地质矿产所，1973，铬镍钴铂地质矿产专辑。第1集，地质出版社。

* 暂定名称，待研究。

表 5 含铂超基性岩中铬尖晶石化学成分

编号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	V ₂ O ₅	TiO ₂	MgO	NiO	CaO	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	总计	分析 平均数	产 地	产 状	资 料 来 源
1		43.00			52.00				5.00						1	布什维尔德翁费奇岩筒	副成分铬尖晶石	[8]P.58
2		30.39			47.71				1.98						1	布什维尔德翁含铂岩管	副成分铬尖晶石	*
3	4.48	3.75	28.01	30.57	18.06	0.67		1.23	10.80			0.37		97.94	1	下塔吉尔岩剥蚀岩	副成分铬尖晶石	[5]P.47, T. №15
4		42.30	8.13	26.16					6.17						2	布什维尔德翁含铂岩管	副成分铬尖晶石	*
5	1.28	8.24	45.61	15.28	18.90			0.56	10.02	0.07	0.12			100.08	1	克得雷姆岩体纯橄岩	小矿条	[9]P.167, T. 41
6	1.36	5.38	48.49	19.80	14.37	0.39		0.97	9.60						1	康教尔岩体纯橄岩	小矿条	[3]P.90, T. 16
7	1.28	8.66	46.02	14.47	18.75			0.56	10.15	0.05	0.10			100.00	1	克得雷姆岩体纯橄岩	小矿条	[10]
8	2.20	5.78	48.75	19.43	11.49	0.41		0.66	11.80						1	康教尔岩体纯橄岩	副成分铬尖晶石	[3]P.86, T. 15
9	0.34	20.24	27.58	13.95	22.93	1.15		5.08	7.72	0.14				99.13	17	宁夏辉橄岩	造矿铬尖晶石	内部资料
10	0.48	18.20	42.42	5.20	25.83	0.31		0.73	6.58		0.05	0.21		100.01	1	北芬兰开米蛇纹岩	造矿铬尖晶石	[7]P.57, T. 5, №2

注: 栏中〔 〕为参考文献号, P.58为页数, №15为分析号码, T.7下为表格号码(下同)。

* 龙巴德B.V., 1956, 布什维尔德杂岩体岩管中的铬铁矿与纯橄岩, 国外铬铁矿资料专辑, 第I辑。

表 6 不含铂超基性岩中铬尖晶石化学成分

编号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	V ₂ O ₅	TiO ₂	MgO	NiO	CaO	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	总计	分析 平均数	产 地	产 状	资 料 来 源
1	0.40	17.86	51.03	1.68	17.78	0.24	0.05	0.06	11.15	0.06		0.20		100.51	1	阿尔巴尼亚布尔其兹岩体	副成分铬尖晶石	内部资料
2	2.35	23.57	40.40	4.83	14.90		0.11	0.20	13.78			0.36	0.11	100.61	1	肯皮尔赛斜辉橄岩	副成分铬尖晶石	*T.8, №28
3	2.61	23.04	38.89		19.81				14.21		0.05				1	非律宾马辛劳克之斜辉橄岩	副成分铬尖晶石	[6]P.441, T.4, №21
4	0.16	12.19	55.93	0.96	18.30	0.41		0.88	10.30		0.21	0.12		99.46	1	印度基翁贾尔矿床	造矿铬尖晶石	**P.29, T.1, №9
5	0.64	19.40	41.54	7.95	11.90	1.11		1.70	15.66			0.22		100.12	2	中国吉林	造矿铬尖晶石	内部资料
6	0.30	28.30	35.40	5.50	13.60	0.10		0.30	15.30		0.10	0.40			1	美国奥列冈	造矿铬尖晶石	[5]P.10, №22
7	0.21	8.46	58.37	2.12	16.21	0.15	0.05	0.23	12.05	0.05		1.06		99.96	1	南克拉卡纯橄岩	副成分铬尖晶石	*P.61, T.1, №50
8	0.30	8.46	61.36	1.83	16.55	0.26	0.04	0.10	11.22	0.04		0.20		100.36	1	阿尔巴尼亚纯橄岩	造矿铬尖晶石	内部资料
9	0.25	13.45	54.09	4.27	13.05	0.19	0.08	0.25	13.87	0.16	0.05	0.16			7	巴基斯坦纯橄岩	造矿铬尖晶石	[4]P.581, T.1, №1-7
10	1.10	21.70	44.66	3.83	12.95	0.21	0.08	0.09	15.45			0.40		100.50	1	阿尔巴尼亚斜辉橄岩	造矿铬尖晶石	内部资料

* 巴甫洛夫H.B., 索科洛夫Г.А., 1965, 肯皮尔赛超基性岩体中铬铁矿床和隐伏矿体的某些分布规律, 地质译丛, 第5期。

** 玛尔诺特拉P.O.等, 1964, 论印度某些铬铁矿的化学成分, 地质工作参考资料, 第I辑。

结其找矿标志¹⁾有：

(一) 铁质基性-超基性杂岩 岩浆来源较深，所以深(大)断裂带是理想通道。特别是旁侧出现次一级构造，组成“入”字型者，很可能在其交汇部位找到铁质基性-超基性杂岩体。岩体一般呈岩墙状产出，也有呈岩株者。杂岩体面积常小于1平方公里。

(二) 铁质基性-超基性杂岩体的膨大部位物质来源丰富，利于铁质岩浆充分分异，也利于铂族元素富集在高镁铁透辉石岩中。岩浆分异作用越好，对找寻该类铂族矿产越有利，岩性混杂者，则不利于成矿。

(三) 次透辉辉石岩中铁质含量比标准浅色透辉石岩要高，颜色要深。特别是经受强烈蚀变作用析出铁镁质后，变为油亮的黑绿色透辉辉石岩，预示着铂族矿化较好。凡未经受改造的浅色粒状透辉石岩，含矿性则不好。

(四) 阳起石化、黑云母化、绿帘石化等蚀变同时出现时，可指示铂族矿体位置所在。

(五) 含铂基性-超基性杂岩体岩石化学成分中以含FeO较低、含MgO及P₂O₅相对较高为其特点。因此，在普查找矿时应特别注意MgO和P₂O₅较高的透辉石岩；而角闪石岩则含FeO高，含MgO低，对寻找该类型铂族矿床非常不利。

(六) 国内一些类型的含铂杂岩体，多形成于华力西晚期。所以，应特别注意华力西期侵入的铁质基性-超基性杂岩体的含矿性。

(七) 这类型铂族矿床附近常有硫化物型铂族矿化出现，其矿石品位低，矿体分散不稳定，多不具工业意义。但它易于认识，常离工业矿体不太远。因此硫化物型铂族矿化可作为寻找该类型铂族元素矿床的间接找矿标志。

参 考 文 献

- [1] 杨敏之等，1973，铂族元素及铂矿地质，科学出版社。
- [2] 孟宪民等，1963，矿床学论文集《矿床分类与成矿作用》，P 64，科学出版社。
- [3] Рожков, И. С., Кицул, В. И., Разин, Л. В., 1962, Платина Алданского Щита. Изд. АН СССР, М.
- [4] Bilgrami, S. A., 1963, Further data on the American Mineralog. vol. 48, no. 5—6.
- [5] Stevens, R. E., 1944, Composition of some Chromites of the Western Hemisphere. Amer. Mineralogists. vol. 29, 1—34.
- [6] Stoll, W. C., 1958, Geology and Petrology of the Masinloc chromite deposits, Zambales, Luzon, Philippine Islands, Bull. Geol. Soc. America. vol. 69.
- [7] Volto, Veltheim, 1962, On the geology of the chromite deposit of Kemi, North Finlande, Bulletin de la Commission geologique de Finlande. no. 194.
- [8] Wagner, P. A., 1929, Platinum deposits and mines of S. Africa, Oliver and Boyd. Edinburgh.
- [9] Воробыва, О. А., Самойлова, Н. В., 1962, Габбро-пироксенит-дунитовый пояс среднего Урала. Изд. АН СССР, М., Вып. 65.
- [10] Рожков, И. С., Кицул, В. И., 1960, Месторождение платины на Алдане. Геол. Рудн. Месторож. № 4.

1) 中国地质科学院情报所等，1977，铂矿地质资料选编。