

关于我国超基性岩含铬性评价探讨

陈森煌

铬铁矿的找矿和研究工作有三个相互联系的环节,即在有利构造部位寻找超基性岩带(蛇绿岩带),圈定其中的超镁铁岩体;评价岩带和岩体的含铬性,选择铬铁矿找矿靶区;在含矿岩体中普查勘探工业铬铁矿矿床。

我国近三十年来的铬矿找矿工作,对解决第1、3环节问题,已在实践和方法上积累了丰富经验;关键是如何从大量岩带(体)中判别具有成矿远景的岩带(体),建立起一套简易而有效的评价超基性岩含铬性的准则。

本文在参阅大量文献、资料和前人研究成果的基础上,结合作者从事铬矿工作的实践,拟从下列几个方面探讨有关我国超基性岩含铬性的评价问题。

一、超基性岩形成的构造部位和构造环境

分析我国含铬超基性岩带所处构造部位,主要有三种类型:

1.位于地槽与地台(地块)的边界上靠近地槽褶皱带一侧,这个部位往往也是板块缝合带。地处两大构造单元(或板块)的边界,或因地壳曾经张裂,或因深断裂深达上地幔,因此有利于形成规模大,连续性好的镁质超基性岩带(蛇绿岩带),如我国北部地区位于安加拉板块和塔里木—中朝板块缝合带上的西准噶尔蛇绿岩带和克拉美里—内蒙古蛇绿岩带,西南地区位于印度板块和中国板块缝合带上的雅鲁藏布江蛇绿岩带和藏北蛇绿岩带。上述雅、西两个蛇绿岩带可能分别形成于洋中脊和转换断层带的张裂性构造环境^{1,2}。由于该部位降压、增温幅度大,导致地幔岩分熔程度高,使蛇绿岩带中的纯橄岩—斜辉辉橄岩建造非常发育,铬铁矿成矿性良好。苏联的肯皮尔赛著名成铬超基性岩带,“分布在优地槽及其旁侧的在大旋回期间经历了稳定上升的刚性构造的边界上”³,与上述构造部位相类似。

评价此类构造部位上的超基性岩带,应特别注意构造交叉或构造转折的部位上可能出现的大岩体以及可能倾伏到地槽“基底”之下;延深很大的岩体,这类岩体的含铬远景可能是最大的。

2.位于地槽内部复背(向)斜与中间地块的边界上,这个部位有时也是板块的俯冲带。由于位处二级构造单元边界,且受地槽褶皱带的强烈挤压和变形作用,使该部位上的超基性岩带多呈线状分布,由一系列断续出露的中、小型链状强蛇纹石化岩体组成,这些链状岩体往往是从深藏的纯橄岩—斜辉辉橄岩体中分出来的断块。例如北祁连山—北秦岭蛇绿岩带、天山岩带和哀牢山岩带等。这类超基性岩带分布十分广泛,但由于强烈的构造变动、挤压和变形作用,使岩体的发育和保存程度受到影响。

评价此类构造部位上的超基性岩带, 应注意地槽区内部长期稳定上升的构造部位, 那里有可能出露规模较大的偏基性的岩体。

3. 位于地台边缘断裂带和内部裂谷带。如燕山基性超基性岩带和攀西基性超基性岩带。可能由于陆壳和洋壳下地幔成分的差异, 由地台区断裂带深切上地幔而上侵的超镁铁岩多数是镁铁质和铁质超基性岩。此类超镁铁岩体往往具有同心环带状或似层状构造, 空间分布较零散, 以中小规模为主。

评价此类构造部位上的超基性岩带, 应注意地台区以深断裂为界的古老地层隆起区一侧, 那里有可能出露含铬丰度较高的偏基性超镁铁岩建造。

显然, 第一类构造部位对于形成和保存含铬超镁铁岩建造最有利, 它的找矿远景也最大。第三类构造部位根据布什维尔德和南非大岩墙含铬层状杂岩体的实例, 也具有巨大找矿前景, 但在我国地台区尚未发现类似的杂岩体, 攀西地区的层状杂岩体以基性岩为主, 超镁铁岩建造或者不发育, 或者深藏在1000米以下, 使找矿前景受到极大限制。

二、岩石学标志

予测和普查铬铁矿矿床的最基本任务是确定与矿床有成因关系的岩石建造类型, 查明含铬铁矿岩石的产生条件。国内外不少铬矿工作者对此进行过研究, 提出了许多观点。王希斌、鲍佩声等总结了地槽区五种含铬岩体类型和地台区两种含铬岩体类型^[4]; 张弛等把新疆地区镁质超基性岩划分为高铝型和低铝型单期多岩相岩体和多期复合岩体, 指出“以单期多岩相高铝型含纯橄岩的斜辉辉橄岩组合及多期复合岩体对成矿最好。”^[5]董显扬等把北祁连山超基性岩体划分九个(亚)类, 总结出多岩相的纯橄岩—斜辉辉橄岩型、纯橄岩—斜辉辉橄岩—橄辉岩型和异剥橄辉岩(辉岩)—纯橄岩—斜辉辉橄岩型等是有利成矿的岩体类型^[6]。苏联H. H塔塔林诺夫指出有利于铬铁矿床产出的只是那些含纯橄岩和斜辉辉橄岩的岩体。这两种岩石的组合被C. B. 莫斯卡列娃称为纯橄岩—斜辉辉橄岩建造, 莫氏进一步强调: 有工业价值的铬铁矿体的母岩, 也并非纯橄岩—斜辉辉橄岩建造的全部岩石, 而只是橄榄石含量最高的纯橄岩(含0~5%顽火辉石)和成分相似的纯橄岩—斜辉辉橄岩(含5—15%顽火辉石)^[3]。很明显, 上述观点具有很大一致性, 都认为多岩相, 特别是发育有纯橄岩—斜辉辉橄岩建造的岩体类型最有利于形成工业铬铁矿床。这是一个客观现象, 我们还必须进一步探讨这些有利于成矿的岩石建造(岩相)与铬铁矿成矿作用的内在联系。

在我国, 含铬超镁铁岩, 实际上可以划分为两种岩石系列, 即纯橄岩—斜辉辉橄岩—斜辉橄辉岩(可能出现少量单斜辉石)岩系和纯橄岩—单斜辉石岩—(闪辉岩和辉闪岩)岩系。前一岩系是阿尔卑斯型纯橄岩—斜辉辉橄岩组合的典型岩石, 出现在优地槽发育的早期阶段和大洋中脊型的裂谷构造中, 其特点是镁质含量极高, 而钙和碱金属含量极低, 各类岩石之间缺乏明显的演化趋势(插图1), 普遍认为这个镁质岩系连同其中的铬铁矿是地幔岩高度分熔的残留物(分熔程度最高可达30~60%), 是高品质豆荚状铬铁矿床的唯一母岩。其典

型例子是罗布莎和萨尔托海岩体。后一岩系主要产于地台区和过渡带构造部位,常与基性岩伴生,岩石成分富铁、钙,单斜辉石普遍发育,多为镁铁质和铁质超基性岩,岩系中岩浆杂岩的碱度和铁质逐渐增加,各类岩石之间具有明显的演化趋势(插图2),一般认为这个岩系是来自地幔岩的初熔拉斑玄武岩浆在岩浆房中进一步分异的产物,其中相对富镁质的纯橄岩是低品位似层状铬铁矿床的母岩,大道、高寺、平顶岩体是这类岩系的例子。

两个岩石系列中铬铁矿的成矿母岩都是富镁质的岩相,这与元素的地球化学性状有关。组合中的纯橄岩含镁量很高而且非常活泼,铬的含量也很高(在岩浆系列中只有非常富镁而贫钛的岩石才富铬),铬与镁质纯橄岩熔融体伴生在一起,促使铬的化合价大大提高,而铬的配位数却明显降低,这会使 $\text{Cr}-\text{O}$ 的结合能随之提高,有利于铬元素聚集形成含矿熔融体;而当纯橄岩向斜辉辉橄岩熔融体过渡时,六价铬的数量减少,平均配位数增加, $\text{Cr}-\text{O}$ 结合能降低,造成铬的溶解度下降,这就是为什么品位高的大型铬铁矿床通常与镁质超基性岩伴生的原因。

应该指出,并非所有纯橄岩都是有工业价值铬铁矿体的母岩,而只是纯橄岩—斜辉辉橄岩建造中的纯橄岩。这种纯橄岩常呈黄绿—浅绿色,多具粗晶粒状结构,呈大异离体群与含辉石少的斜辉辉橄岩交替产出。另一种纯橄岩,即具自形—半自形细粒结构,色调较深(暗绿—黑绿色),大面积出露的纯橄岩,则一般不含工业铬铁矿体,或只形成一些浸染条带状的矿体。两种纯橄岩含矿性的差别可能与原生熔融体 Mg/Fe 比值的高低有关。镁和铁对氧化硅的亲合力是不同的,前者比后者要大得多(分别为15.1千卡和4.8千卡), Mg/Fe 比值降低,使碱对硅酸的中和效应下降,因此熔融体吸收酸性成分(指铬酸)的能力变弱,这将影响铬元素在熔融体中的丰度和富集度从而减少铬铁矿化的可能性。这恐怕也是铁质超基性岩中的纯橄岩多形成富铁低品位铬铁矿的主要原因。

超镁铁岩组合中如果发育有含大量顽火辉石($15\sim 30\%$)和含单斜辉石的二辉橄岩,而缺少纯橄岩的话,尽管岩体规模很大,也难于发现工业铬铁矿体,甚至于很少发育铬铁矿化现象。这是因为从纯橄岩—斜辉辉橄岩向二辉橄岩、斜辉辉橄岩、橄辉辉石岩和单斜辉石岩的演化代表碱度逐渐增加的流体环境,而碱度增加抑制了铬铁矿的矿化作用;在高碱度情况下,熔融体中的铬元素呈分散状态,有很大一部分铬进入单斜辉石的晶格(铬透辉石),甚至已形成的铬尖晶石也可能被磁铁矿完全交代。因此在发育大量含辉石(顽火辉石和单斜辉石)的岩石组合的超基性岩体中寻找工业铬铁矿床是没有指望的。

三、岩浆中铬的丰度及其富集条件

有关铬铁矿的成因讨论中,最有说服力的一种观点是铬铁矿熔融体从母岩浆中呈液体状态分离的晚期岩浆成矿假说,这个假说已为铬铁矿床的一系列特征,特别是造矿铬铁矿和附矿物铬尖晶石形成温度的差异所论证。由此可以认为,岩浆中铬的丰度及其富集条件应是铬铁矿成矿的内在因素。

我国一批重要铬铁矿床的成铬岩体，其 Cr_2O_3 的总平均含量一般都在0.5 %以上，燕山岩带中的几个成铬小岩体的 Cr_2O_3 平均含量甚至高达1.5 ~ 2.29 %。岩体中各类岩相中 Cr_2O_3 含量的差异（以及其它化学成分的差异）则是衡量铬富集程度和岩浆分异程度的重要标志。无疑地，铬丰度高且含量差异大有利于形成较大规模的铬铁矿体，例如萨尔、大道和罗布等产有大、中型铬铁矿床的岩体，不仅它们的 Cr_2O_3 总含量较高（0.51—0.85 %），而且各种各相中 Cr_2O_3 的含量差异都十分明显，其差值最大可达1.52倍（2.52: 1）。而唐巴勒岩体虽然发育大量纯橄岩相，但 Cr_2O_3 总含量偏低，各岩相中 Cr_2O_3 含量几乎没有差别，因而它的含矿性较差，只发现少数铬矿点（表1）〔7〕。

主要岩体 Cr_2O_3 含量对比表 表1

岩 体	岩石中 Cr_2O_3 含量（重量 %）					岩体矿化情况
	纯橄岩	斜辉辉橄岩	斜辉橄橄岩	透辉岩	岩体平均	
唐巴勒	0.46	0.45	0.40		0.45	小型铬矿点
萨尔	1.05	0.53	0.47		0.68	大型铬矿床
大道	1.06	0.59		0.42	0.71	大型铬矿床
玉石	0.83	0.49	0.45	0.05	0.72	中型铬矿床
松树沟	0.69	0.50	0.55	0.53	0.64	中型铬矿床
东巧	0.70	0.44			0.51	中型铬矿床
罗布	0.99	0.74			0.85	大型铬矿床

王恒升、白文吉提出的岩浆分熔（熔离）和残余岩浆两种铬铁矿的成矿作用，认为成矿物质主要是在液态阶段通过熔离作用和结晶分异作用得以聚集形成含矿熔体和残余岩浆的〔8〕。运用这两种成矿作用完全可以解释上述两种不同成因的铬铁矿床的基本特征。高品位熔离型铬铁矿的成矿物质的富集条件，应主要取决于流体中矿质和挥发分的丰度、流体的氧逸度和碱度；而低品位残余岩浆结晶分异型铬铁矿的成矿物质的富集条件除了上述因素外，还与岩浆房的大小、温度压力、周围构造环境和岩浆的补给有关。

研究铬铁矿体及其围岩中铬尖晶石类和橄榄石类矿物的化学成分、结构和物性特征上的差异可以探索成矿物质的富集条件。铬尖晶石的含铁率 ($f = \frac{\text{Fe}}{\text{Fe} + \text{Mg}}, 100$) 和分子含铁率 $f_{\text{Cr}} = \frac{\text{FeCr}_2\text{O}_4}{\text{FeCr}_2\text{O}_4 + \text{MgCr}_2\text{O}_4} \rightarrow$ 是两个重要的指标〔8〕。一般来说，造矿铬铁矿比附生铬尖晶石的富铬、镁而贫 Fe^{2+} ，即前者的含铁率比后者的含铁率低，造矿铬铁矿的 Fe/Mg 值较附生铬尖晶石的低是由于铬铁矿石的结晶温度比围岩的结晶温度低得多造成的， Fe/Mg 差值越大，则矿石和岩石形成的温度差别就越大（因为温度升高时，反应式： $\text{MgFe}_2\text{O}_4 + \text{FeCr}_2\text{O}_4 = \text{FeFe}_2\text{O}_4 + \text{MgCr}_2\text{O}_4$ 向右进行的趋势加强）。根据平均值计算，阿尔卑斯型超镁铁岩体内的纯橄岩—斜辉辉橄岩组合中铬尖晶石类矿物的含铁率差别最大（铬铁矿的 $f = 34\%$ ，附生铬尖晶石的 $f = 47\% \Delta f = 13\%$ ），而层状侵入体中的差别较小（ $f_{\text{矿}} = 58\%$ ， $f_{\text{付}} = 65\%$ ， $\Delta f =$

表 2

造矿铁钛和附矿物铬尖晶石化学成分表

产地	序号	编 号	岩 石 名 称	氧 化 物 重 量 百 分 比 (%)										倍 数 比		铬 尖 晶 石 晶 胞 参 数					其 它 参 数		
				SiO ₂	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	Al ₂ O ₃	NiO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	FeO	Cr ³⁺	Al ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mg ²⁺	Cr	Al	f	f Cr	
萨 尔	1	VI群—坑5	粗粒块状铬铁矿	0.37	41.95	4.27	10.38	17.65	24.96	0.12	0.34	2.97	7.95	7.05	1	1.81	6.19	0.50	0.44	0.226	0.667		
	2	VI群—4	条带状铬铁矿	0.40	38.11	4.28	10.89	17.79	28.08	0.10	0.40	2.58	7.14	7.85	1.01	1.87	6.13	0.46	0.49	0.234	0.734		
	3	CT—23	细密浸染状铬铁矿	0.29	42.49	3.37	12.63	15.24	22.86	0.10	0.23	2.68	8.45	6.70	0.85	2.42	5.58	0.528	0.42	0.30	0.721		
尔	4	CT—28	近矿纯橄岩中铬尖晶石	0.21	36.72	9.72	15.54	12.35	23.23	0.18	0.08	1.51	7.27	6.98	1.87	3.44	4.56	0.45	0.43	0.43	0.859		
	5	CT—22	远矿纯橄岩中铬尖晶石	0.20	43.84	15.69	22.02	6.11	9.51	0.12	0.09	1.25	9.71	3.14	3.15	5.5	2.5	0.61	0.20	0.638	0.884		
	6	CT—34	斜辉辉橄岩中铬尖晶石	0.16	46.73	2.83	16.32	11.91	21.19	0.09	0.06	2.45	9.3	5.3	0.4	3.59	4.41	0.58	0.39	0.45	0.842		
东	10	EL—04	细—中浸染状铬铁矿	0.15	44.09	4.76	11.59	14.83	23.59	0.17	0.25	2.74	8.51	6.79	0.70	2.58	5.42	0.532	0.424	0.323	0.747		
	11	EL—10	块状铬铁矿	0.03	64.85	4.63	8.07	13.46	8.37	0.10	0.05	4.87	13.26	2.62	0.12	2.76	5.24	0.829	0.164	0.345	0.49		
	12	伊—31	纯橄岩中铬尖晶石	0.08	45.98	8.53	11.90	12.56	20.05	0.08	0.17		9.17	5.96	0.87	3.29	4.71	0.573	0.373	0.411	0.785		
巧	14	Er—104	斜辉辉橄岩中铬尖晶石	0.03	61.83	2.09	13.71	11.98	9.47	0.04	0.08		12.85	2.93	0.22	3.26	4.74	0.803	0.187	0.408	0.491		
	16	II—KJ—168	块状铬铁矿	0.52	59.13	6.40	6.85	15.68	9.86			4.78	12.07	3.23	0.70	1.90	6.10	0.754	0.2020	0.238	0.439		
	18	71—2C—6	纯橄岩中铬尖晶石	2.05	57.63	1.39	16.24	10.10	9.47			12.60	3.10	0.30	4.20	3.80	0.788	0.191	0.525	0.719			
布	19	71—2C—8	斜辉辉橄岩中铬尖晶石	2.65	48.81	1.37	13.09	14.29	16.45			10.50	5.40	0.1	3.20	4.80	0.656	0.338	0.400	0.737			
	20	E31—216	浸染状矿石 (V带)	0.39	50.95	3.29	17.71	11.18	16.12		0.29	2.46	10.4	4.90	0.7	3.9	4.10	0.650	0.188	0.36	0.794		
	22	E31—211	近矿纯橄岩中铬尖晶石	0.11	47.58	4.44	19.12	13.03	18.11		0.27		9.7	5.5	0.8	4.2	3.8	0.606	0.344	0.525	0.869		
道	23	E31—210	远矿纯橄岩中铬尖晶石 (V)	0.10	45.37	3.43	19.33	8.97	16.08		0.15		9.6	5	1.4	4.5	3.5	0.60	0.313	0.563	0.875		
	26	T1204	细密—块状铬铁矿	0.34	58.37	7.59	15.89	9.36	7.64		0.19	2.57	12.6	2.6	0.8	4.3	3.7	0.788	0.163	0.538	0.700		
	29	449—9	斜辉辉橄岩中铬尖晶石	0.40	53.46	8.43	26.18	4.27	5.91	0.07	0.08	1.6	12.2	2	1.8	6.5	1.5	0.763	0.125	0.813	0.937		
树	30	PD ₁ —7	中粗粒纯橄岩中铬尖晶石	0.40	55.49	9.11	25.56	4.15	3.55	0.07	0.08	1.7	12.9	1.2	1.9	6.5	1.5	0.800	0.075	0.813	0.887		
	31	F ₁ —1	细密浸染状铬铁矿	0.72	54.42	10.10	15.92	11.56	7.20		2.14	11.66	2.31	2.09	3.61	1.39	0.725	0.141	0.451	0.596			
	33	F—1	粗粒纯橄岩中铬尖晶石	0.46	48.24	16.90	16.25	9.80	7.67		0.30	1.43	10.66	2.55	2.81	4.48	3.52	0.666	0.158	0.560	0.718		
寺	34	F—22	细粒纯橄岩中铬尖晶石	0.11	40.34	23.89	17.41	6.73	9.21		0.74	1.04	9.05	3.08	3.87	5.2	2.8	0.586	0.192	0.65	0.842		

注: 7、8、9、13、15、17、21、24、26、27、28、32、35—46号样品分析数据源于显微分光镜。

造矿和附生铬尖晶石的含铬量和含铁量 表3

铬尖晶石	$\psi = \frac{Cr}{Cr + Al + Fe^3}$	$\alpha_1 = \frac{Al}{Cr + Al + Fe^3}$	$f = \frac{Fe \cdot 100}{Fe + Mg}$	$f_{cr} = \frac{FeCrO_4 \cdot 100}{FeCr_2O_4 + MgCr_2O_4}$
I ₁ 罗布莎矿区				
造矿矿物	0.75	0.21	23.8—26.6	43.9—48
付矿物				
纯橄岩中	0.79	0.19	52.5	71.9
斜辉辉橄岩中	0.66	0.34	40	73.7
I ₁ 肯皮尔赛矿区 (苏)				
造矿矿物	0.77	0.16—0.17	26.3—40.5	42—52.7
付矿物				
纯橄岩中	0.66—0.76	0.17—0.27	42.4—44.8	61.9—69.3
斜辉辉橄岩中	0.61—0.63		50.2—50.5	75.9—78.3
I ₂ 萨尔托海矿区				
造矿矿物	0.16—0.53	0.42—0.19	23.1—30.60	66.7—73.4
纯橄岩中	0.45—0.61	0.20—0.43	43—68.8	85.9—88.4
斜辉辉橄岩中	0.49—0.58	0.39—0.49	32.8—45	81.9—84.2
橄辉岩中	0.46—0.53	0.43—0.49	34.4—34.5	77.4—83.9
II ₁ 大道尔吉矿区				
造矿矿物	0.638—0.65	0.32—0.36	43.8—48.8	75.6—79.4
纯橄岩中	0.60—0.325	0.16—0.34	50.1—56.3	67—87.5
斜辉辉橄岩中	0.72	0.24	43.8	68.1
II ₂ 高寺台矿区				
造矿矿物	0.69—0.73	0.14	45.5	59.6—59.9
付矿物				
纯橄岩中	0.57—0.67	0.16—0.19	56—65	71.8—84.2
斜辉辉橄岩中	0.56	0.16	77.6	93.9
橄辉岩中	0.55	0.15	63	77.9
II ₁ 布什维尔德矿区				
造矿矿物	0.54—0.61	0.32—0.39	58.4—62.5	79.4—99

7 %），这说明熔离型铬铁矿床较之残余岩浆结晶分异型铬铁矿床，其成矿温度与围岩的结晶温度之间的间隔要大得多，其成矿物质的富集程度要高得多，这可能是前者更富挥发组分和处于较高流体压力造成的。

产于上述不同构造部位的几个主要铬铁矿区中的铬尖晶石类矿物的成分有明显差别（表2、表3、插图3、4），可以划分两大类（I、II）四个亚类。

I类为高铁高铬型（I₁）和高铁高铝型（I₂）铬尖晶石，它们的含铁率和分子含铁率都较低，而造矿铬铁矿与附生铬尖晶石的 α_1 和 f_{cr} 差值都较大（ $\Delta f_{I_1}=25\%$ ， $\Delta f_{I_2}=30\%$ ； $\Delta f_{cr I_1}=26\%$ ， $\Delta f_{cr I_2}=20\%$ ），表明成矿物质的富集程度较高，这是地幔熔离型铬铁矿

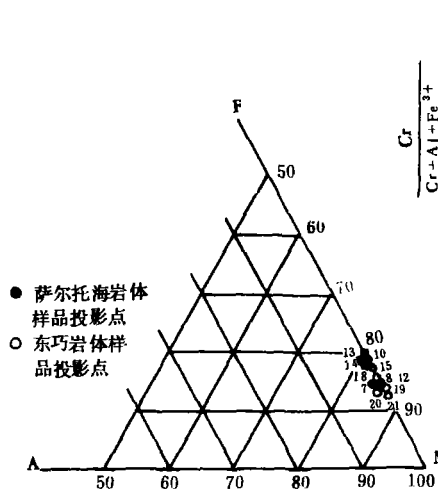


图1. 超基性岩岩石化学MFA图解

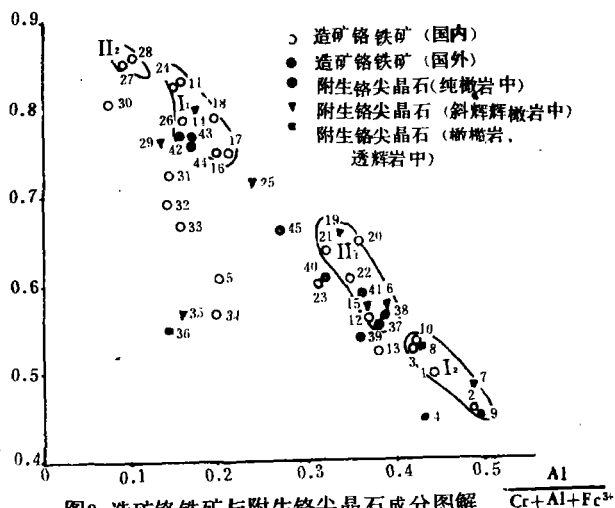


图3. 造矿铬铁矿与附生铬尖晶石成分图解

1—9: 萨尔托海矿区; 10—15: 东巧矿区; 16—19: 罗布莎矿区;
20—25: 大道尔吉矿区; 26—30: 松树沟矿区; 31—35: 高寺台矿区;
37—41: 布什维尔德矿区; 42—45: 肯皮尔赛矿区;

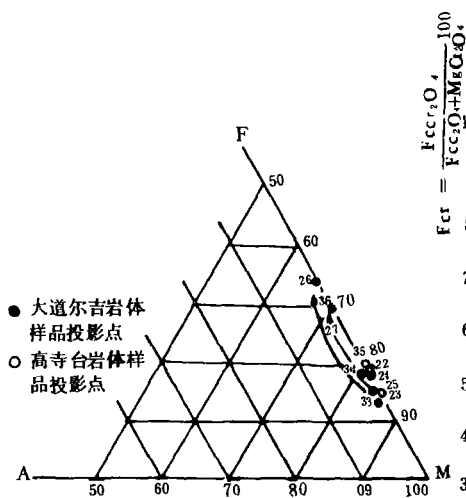


图2. 超基性岩岩石化学MFA图解

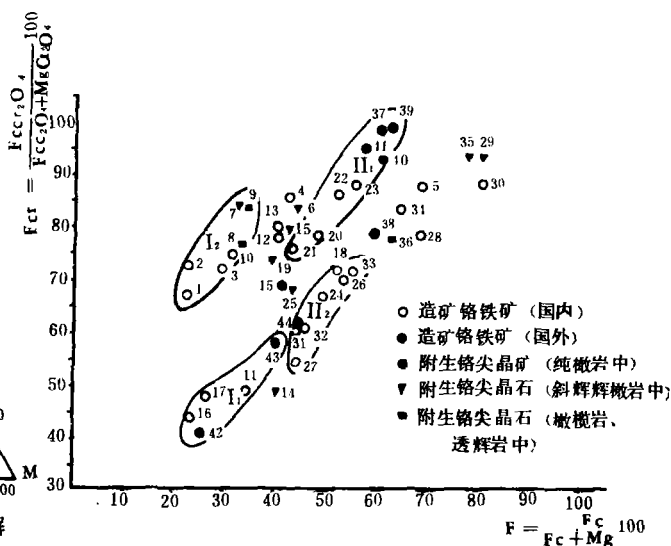


图4. 造矿铬铁矿与附生铬尖晶石的含铁率和分子含铁率图解

1—9: 萨尔托海矿区; 10—15: 东巧矿区; 16—19: 罗布莎矿区;
20—25: 大道尔吉矿区; 26—30: 松树沟矿区; 31—36: 高寺台矿区;
37—41: 布什维尔德矿区; 42—45: 肯皮尔赛矿区;

矿床的特征。Ⅱ类为高铁高铝型(Ⅱ₂)和高铁低铝型(Ⅱ₂)铬尖晶石,它们的含铁率和分子含铁率都较高,但造矿铬铁矿和附生铬尖晶石的f和f_{cr}差值却较小(ΔfⅡ₁=8%,ΔfⅡ₂=20%;Δf_{crf}₂=8%,Δf_{cr}Ⅱ₂=20%)。表明其成矿物质的富集程度较低,这是残余岩浆结晶分异型铬铁矿床的特征。

前一类高品位铬铁矿由于成矿阶段和成矿温度大大晚于和低于围岩的结晶阶段和结晶温度,使矿体往往脱离母岩相而产于其它岩相中,与围岩的接触关系清楚截然;后一类低品位铬铁矿则由于与围岩的结晶阶段和结晶温度较接近,矿体从不脱离母岩相,与围岩的接触关系多呈渐变过渡,没有明显界线。由此可以提供某些评价两类铬铁矿矿床的重要信息:对于地幔岩分熔的超镁铁岩的含铬性标志,主要看有无高品位铬铁矿体及其有成因关系的纯橄岩异离体的发育,以及判别造矿铬铁矿和附生铬尖晶石的成分差别;对于玄武岩浆分异的超镁铁岩的含矿性标志,主要看有无含铬纯橄岩相的发育及其含铬丰度的高低和造矿铬铁矿与附生铬尖晶石的成分差别。

四、其它含矿性标志

1.岩带和岩体中的矿化程度

地表及浅部的铬铁矿体(点)露头,是最直接的找矿标志,是进行就矿找矿的重要依据。但不是所有地表含矿岩体都赋有工业铬铁矿床。据西准葛尔地区116个超基性岩体不完全统计,已发现的矿体(点)总数超过1000个,矿体数量多,但规模相差很悬殊(表4)其中达拉布特岩带中矿体数量虽然较其它岩带少,但萨、鲸两岩体都产有工业铬铁矿床,表明只有那些矿体类型发育较全,矿体分布集中和伴生有较大矿体的岩体,才最有可能赋存工业铬矿床。

西准葛尔地区主要岩体中铬铁矿体的数量和规模 表4

岩带	岩体	矿体数	矿体规模(矿石量)					
			>万吨	千吨	百吨	十吨	吨	<吨
玛依拉山 唐巴勒	萨雷诺海 唐巴勒	96		4	6	18	31	37
		85		1	8	8	19	49
达拉布特	萨尔	106	4	24	28	31	19	
	鲸鱼	30	2	7	4	17		
	科果拉	7		1	1	3	2	
和布克	洪古勒楞	223		1	1	40	99	82

※据 I、Ⅶ、Ⅸ XI-Ⅺ XIII 等矿群统计

2.岩石化学标志

铬铁矿的成矿母岩一般都是镁质超基性岩,其m/f比值通常要大于7.5;成矿岩相的岩石基性度m/S要大于1.75※16m/S比值似乎具有更加确定的指示意义,因为经计算,萨尔,东巧、罗布、松树沟和高寺等岩体中近矿纯橄岩的m/S都在1.75以上,非近矿的斜辉辉橄岩、橄辉岩和辉石岩的S/m都低于1.75 m/f值大于7.5的很多超基性并不成矿。

※ $m/S = Mg^{+2} + Fe^{+2} + Fe^{+3} + Mn^{+2} + Ni^{+2} + Co^{+2} / Si$ (原子数)

3、晚期岩浆同源分异的超基性、基性脉岩的发育,往往是工业铬铁矿体的有利找矿标志。国内外很多重要铬铁矿床,如萨尔、罗布、古巴卡马奎、阿尔巴尼亚布尔奇泽和菲律宾的马欣洛克等矿床,在矿带和矿群范围内经常发育有纯橄岩脉、辉石岩脉、橄长岩脉、辉绿岩脉和绿泥石脉等。这些脉岩与铬铁矿体的密切空间分布关系和成因联系表明其发育程度和空间分布位置可作为评价和寻找铬铁矿体的间接标志。

4、岩带和岩体的形成时代

全球范围内,铬铁矿有三个主要成矿时期——前寒武纪时期(南非、津巴布韦、印度、巴西和芬兰等);晚古生代华力西期(苏联乌拉尔)和中、新生代时期(古特提斯带和西太平洋带)。第一、二个成矿期的铬铁矿石储量巨大,但分布相当局限,第三个成矿期的铬矿石储量较少,但分布非常广泛。我国铬铁矿床主要形成于第二、三个成矿期,尤以第三个成矿期的铬铁矿(西藏地区)占有重要地位,这一时期形成的超基性岩带分布广泛,规模巨大,其中发育有大量超镁铁岩体,特别是以纯橄岩—斜辉辉橄岩组合为主的岩体,具有良好的成矿远景。

结 语

铬铁矿是一种岩浆内生金属矿床,它的形成作用与一系列上地幔和壳层的岩浆构造事件有关是上地幔物质不均一性运动的产物。

铬铁矿在成因上与镁质超基性岩有关,在空间分布上与超岩石圈深断裂构造有关。我们看到,含铬超基性岩带(蛇绿岩带)的分布往往具有全球或洲际规模,那些在局部看来规模不大的岩带,实际上也是某一巨型岩带的组成部分。但是含铬超镁铁岩在岩带中的分布通常是不连续的和不均一的,在长达数百公里以至数千公里的岩带中经常出现一些密集分布的岩体群,类似巨大构造岩浆链中的一些“岩浆结”,就在这些彼此间距数百公里的“岩浆结”中时常伴生有巨大的铬铁矿田。这充分说明岩浆构造活动的不均一性,以及受其控制的铬铁矿成矿作用的不均一性。

由于含铬基性超基性岩浆来自上地幔,因此可把出现在特定构造部位上的“岩浆结”称为“地幔窗”(Mantle Window)。“地幔窗”已有现代的例子。例如大洋中脊的上地幔上隆,以及最近报导的法国和西班牙研究人员于1986年6月在西班牙西北部加利西亚以西进行的一次海底探测,发现存在着第三类海底——这类海底既非大陆性的,又非海洋性的,而是由来自地球深部的岩石,即地壳下的地幔构成的。提出“地幔窗”的概念,研究“地幔窗”的形成条件及其空间分布规律,对于评价和寻找铬铁矿床具有实际指导意义。

“地幔窗”的出现必须具备下列条件——地壳厚度的减薄以至破裂和上地幔的上隆(或底辟);超岩石圈断裂构造和大型推复构造的作用;大规模基性、超基性岩浆活动形成一系列集中分布的镁质、镁铁质岩体,特别是发育有高度分熔的地幔岩残留物——纯橄岩—斜辉辉橄岩组合;伴生有大的地球物理场异常(T , Δg 异常)和地球化学场异常(Cr , Ni , Co , Pt 族元素等)。

在一个大岩带中可能出现几个岩体集中分布的“地幔窗”，尽管不是每个“地幔窗”都赋有工业铬铁矿体，但是有经济价值的铬铁矿床都无例外地产于“地幔窗”内，这些成铬“地幔窗”的成矿标志可初步总结如下：

1. 位于有利的构造部位——两大构造单元结合边界上的构造交叉或构造转折部位；
2. 有一系列规模较大的超镁铁岩体出露；
3. 超镁铁岩体中有含顽火辉石少的纯橄岩——斜辉辉橄岩建造广泛发育；
4. 超镁铁岩体的 Cr_2O_3 平均含量较高，各类岩石的 Cr_2O_3 含量差异和其它化学成分差异明显。
5. 超镁铁岩体中岩相分带清楚，主要含矿岩相的基性度较高， m/S 值大于1.75。
6. 造矿铬铁矿和附生铬尖晶石成分有明显差异，造矿铬铁矿的分子含铁率较低， $f\text{Cr} < 50 \sim 75\%$ ；
7. 超镁铁岩体中铬铁矿化发育，矿体分布集中，发育有高品位铬铁矿石；
8. 晚期岩浆同源分异脉岩广泛发育；
9. 超镁铁岩体具有适中的保存条件；
10. 伴生有规模较大的地球物理—化学场异常。

本文仅对我国超基性岩含铬性评价的几个问题进行初步的探讨，由于水平有限，错误之处，敬请读者指正。

参 考 文 献

- [1]、肖序常等，1983，雅鲁藏布江缝合带及其邻区构造演化 地质学报 Vol 57, No 2, P205—212。
- [2]、冯益民等，1983，北疆西部构造发展史，《中国北方板块构造文集》。
- [3]、C、B、莫斯卡列娃，1973，铬铁矿矿床的普查方法。
- [4]、王希斌、鲍佩声，1975，中国基性超基性岩分布图说明书。
- [5]、张驰、乌统旦等，1979，新疆超基性岩和铬铁矿。
- [6]、董显物等，1983，北祁连山中西段铬铁矿成矿条件找矿方向的研究。
- [7]、陈森煌等，1967，新疆西准葛尔地区铬铁矿成矿规律初步总结 [内部资料]。
- [8]、王恒升、白文吉，1983，中国铬铁矿床及成因，科学出版社。
- [9]、H、B、巴甫洛夫等，1972，纯橄岩——斜辉辉橄岩建造的岩石与矿石中共生的橄榄石和铬尖晶石的成分《国外铬铁矿资料专辑》(3)。
- [10]、A. A 马拉基斯霍夫，1979，超基性岩成矿作用的某些问题《矿物矿床》Vol 14, No1。
- [11]、Edited by P. J Wyllre, 1967,《ultramafic and Related Rocks》。

THE EVALUATION CRITERIA FOR Cr-MI-MINERALIZATION OF ULTRABASIC ROCKS IN CHINA

Chen Shenhuang

Abstract

The formation of chromite deposits is related with a series of magma-tectonic events in the upper mantle and the crust of the Earth. Thus, the heterogeneity of magmatic activities and tectonics may be regarded as the main criteria for the evaluation of chrome mineralization in ultrabasic rocks.

The chromium-bearing ultrabasic rocks in China can be divided into two types: one is the ophiolitic ultramafic rocks distributed in the suture lines; the other is zonal mafic-ultramafic rocks distributed in the margin fault zones of plateforms.

Massive chromite deposits (HCR or HAL) occurred mainly in the ophiolitic rocks and disseminated chromite deposits (HFE) occurred mainly in the zonal ultramafic rocks are different in composition, but they are all closely associated with the Mg-rich rock facies in the two rock series.

The main marks to evaluate the potentiality of chrome mineralization of ultrabasic rocks are as follows: the favourable tectonic position in the junction boundary of two geotectonic units; a series of ultramafic Mg-rich facies with high chromium and apparent difference of composition; well-developed, late cognate basic-ultrabasic dykes; and strong geophysical-geochemical field anomalies.