

晋南某铁矿区 中奥陶统碳酸盐岩层与成矿的关系

曲之义

在无产阶级文化大革命和批林批孔推动下,晋南铁矿的找矿勘探工作,几年来有了很大进展。为了进一步扩大找矿远景区域,在不断实践的基础上总结成矿规律,很有必要。

晋南某铁矿属于接触交代型。矿体主要赋存于闪长斑(玢)岩与碳酸岩层接触处。成矿作用除与岩浆岩和构造条件有关外,矿体严格受碳酸盐岩层控制,并呈似层状。构成矿区的围岩主要为中奥陶统的碳酸盐岩层。矿体多选择交代中奥陶统第二组二段(O_2^{2-2})和第三组一段(O_2^{3-1})的白云质灰岩和钙质白云岩。

现根据我队几年来在勘探过程中对围岩研究所积累的资料加以综合,对中奥陶统碳酸盐岩层与成矿的关系,提出如下认识。

一、概况

本矿区中奥陶统碳酸盐岩层覆盖面积约占出露岩层的60%。根据沉积旋回特征,中奥陶统可分为三组七段。自下而上为:

第一组包括第一(O_2^{1-1})、第二(O_2^{1-2})两段,因受岩浆岩侵入活动的分隔,所见不全。

第二组包括第三(O_2^{2-1})、第四(O_2^{2-2})两段。该组底部以角砾状灰岩、含白云质或粘土质的灰岩为主,向顶部逐渐过渡为白云岩、含钙质或粘土质白云岩。中下部夹有浅海动荡环境下沉积的碎屑灰岩薄层;本组下部在邻近矿区附近见有约10米厚的石膏层。本组厚度约120米,是矿区中主要赋矿层之一。

第三组包括第五(O_2^{3-1})、第六(O_2^{3-2})和第七(O_2^{3-3})三段。全组共约厚150米,岩性变化大。

其中第五段(O_2^{3-1})厚达90米,下部以角砾状白云质、粘土质灰岩或角砾状钙质白云岩为主,角砾一般为中-细砾,局部为巨砾。砾岩的产状及胶结物成分都与邻层有很大差异,但巨砾的岩性和化学成分与下伏岩层非常近似。第三组底部的三块岩样(总41、42、40,表1)与下伏相邻岩层的两块岩样

表1

层位	岩性或名称	样号	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	酸不溶物	CO ₂	备注
第三组底部	含钙质白云岩(角砾)	总41	31.12	18.91	2.40	0.62	3.14	44.92	以%计, CO ₂ 含量系计算值。
	含钙质白云岩(角砾)	总42	30.99	19.14	2.58	0.53	3.44		
	纯白云岩(角砾)	总40	30.55	20.05	1.66	0.43	2.36	45.69	
	白云质、粘土质灰岩(胶结物)	总43	50.16	1.63	4.19	1.05	5.44	42.34	
	白云质、粘土质灰岩(胶结物)	总44	47.79	3.13	8.50	2.14	10.56	39.43	

表 2

段	样号	SiO ₂ , 酸不溶物	MgO	CaO	CO ₂	
		%				
第三段 (O ₂ ³⁻¹)	第三段岩样作图符号: ▽; 比邻层合并的作图符号: △					
	J ₃ -1-1	14.68	3.97	41.50	36.95	
	J ₃ -1-2	3.86	2.07	50.03	41.60	
	J ₃ -1-3	9.00	8.35	39.81	40.36	
	J ₃ -1-4	3.72	4.36	46.90	41.63	
	J ₃ -1-5	1.42	13.47	28.05	44.50	
	J ₃ -1-6	8.27	3.32	45.68	39.55	
	J ₃ -1-7	1.92	5.05	47.74	43.04	
	J ₃ -1-8	8.08	17.93	28.99	42.18	
	J ₃ -1-9	2.78	1.35	51.49	41.95	
	J ₃ -1-10	1.90	3.46	49.59	42.78	
	J ₃ -1-11	0.42	3.85	50.12	43.61	
	J ₃ -1-12	3.58	9.63	41.49	43.06	
	J ₃ -1-13	5.42	17.70	31.09	43.59	
	J ₃ -1-14	1.08	6.52	46.62	43.75	
	J ₃ -1-15	2.42	1.78	51.33	42.33	
	J ₃ -1-16	2.60	20.01	29.78	45.33	
	J ₃ -1-17	1.64	17.38	33.73	45.32	
	J ₃ -1-18	1.48	9.35	44.46	45.10	
	J ₃ -1-19	2.84	10.82	40.07	43.23	
第四段 (O ₂ ⁴⁻¹)	第四段岩样作图符号: ▼; 比邻层合并的作图符号: ▲					
	J ₃ -2-1	4.22	6.17	45.89	42.79	
	J ₃ -2-2	1.70	20.41	30.53	46.07	
	J ₃ -2-3	3.32	20.41	29.46	45.23	
	J ₃ -2-4	3.02	19.47	30.53	45.06	
	J ₃ -2-5	4.84	19.60	31.18	45.71	
	J ₃ -2-6	3.56	19.97	30.04	45.20	
	J ₃ -2-7	5.22	19.51	29.60	44.36	
	J ₃ -2-8	5.59	19.42	29.47	44.17	
	J ₃ -2-9	1.60	20.51	30.68	46.20	
	J ₃ -2-10	6.88	18.60	29.60	43.39	
	第五段 (O ₂ ⁵⁻¹)	第五段岩样作图符号: ⊖; 比邻层合并的作图符号: ⊙				
		J ₃ -1-1	3.26	4.18	48.64	42.81
		J ₃ -1-2	2.14	20.10	30.23	45.04
		J ₃ -1-3	0.82	12.78	39.53	44.92
J ₃ -1-4		4.18	6.23	45.79	41.78	
J ₃ -1-5		2.60	7.75	44.63	43.50	
J ₃ -1-6		2.50	3.17	49.74	42.58	
J ₃ -1-7		3.88	19.28	30.36	44.72	
J ₃ -1-8		4.00	9.50	43.14	44.21	
J ₃ -1-9		1.48	4.50	49.59	43.90	
J ₃ -1-10		1.10	20.46	30.87	45.80	
J ₃ -1-11		2.78	1.09	52.50	42.51	
J ₃ -1-12						
J ₃ -1-13		0.93	0.31	54.77	43.46	
J ₃ -1-14		3.12	0.58	53.64	42.95	
J ₃ -1-15		7.27	7.43	43.70	42.42	
J ₃ -1-16		66.74	6.45	23.52	25.47	
J ₃ -1-17		2.26	15.46	35.23	44.42	
J ₃ -1-18	1.26	0.63	54.52	43.60		
第六段 (O ₂ ⁶⁻¹)	第六段岩样作图符号: ⊕; 比邻层合并的作图符号: ⊙					
	J ₃ -2-1	17.86	10.36	34.91	38.67	
	J ₃ -2-2	12.46	8.22	37.69	38.54	
	J ₃ -2-3	39.48	1.22	31.94	26.46	
	J ₃ -2-4	64.14	4.22	15.87	17.04	
	J ₃ -2-5	4.76	0.86	51.23	41.27	
	J ₃ -2-6	0.40	18.28	32.07	44.99	
	J ₃ -2-7	79.30	2.08	6.83	7.61	
	J ₃ -2-8	2.86	14.94	35.67	44.20	
	J ₃ -2-9	72.50	2.95	10.48	11.43	
	J ₃ -2-10	6.94	16.55	33.14	43.96	
	J ₃ -2-11	5.06	2.86	49.40	41.65	
	J ₃ -2-12	45.74	1.59	25.93	22.12	
	J ₃ -2-13	0.94	8.14	43.83	43.68	
	J ₃ -1-14	3.14	1.09	52.12	42.12	
J ₃ -1-15	1.86	14.19	36.81	44.30		
第七段 (O ₂ ⁷⁻¹)	第七段岩样作图符号: ⊕; 比邻层合并的作图符号: ⊙					
	J ₃ -3-1	1.42	0.50	54.39	43.36	
J ₃ -3-2	0.82	2.41	52.05	43.59		

(J₂-2-9、J₂-2-10, 表 2) 主要成分含量相差甚微, 表明其沉积作用既有间歇又有继承。本段可能因胶结物中含钙质、硅质较高, 一般不见成矿。其顶部以厚约 5 米的纯灰岩与第六段分开。

第六段 (O₂⁶⁻²) 厚约 47 米, 岩性变化大, 为泥灰岩、粘土质白云岩、含燧石条

带、团块的白云岩及灰岩之薄层互层。各单层厚度一般在 0.5~2.0 米, 最厚不超过 3.8 米, 显示地壳震荡频繁, 是本区矿化层之一。

第七段 (O₂⁷⁻¹) 厚约 20 米, 几乎全为灰岩及白云质灰岩, 未见成矿。

根据角砾状灰岩、泥灰岩—含粘土质、硅质较高的碳酸盐岩—碳酸盐岩三个端元化学

成分的百分含量所中奥陶统中、上段沉积旋回岩石类型的演化趋势图解见图1。由图1可以认为，中奥陶统可分为三个沉积亚旋回，即

$O_2^{2-1} \sim O_2^{2-2}$ 、 $O_2^{3-1} \sim O_2^{3-3}$

和 $O_2^{1-1} \sim O_2^{1-2}$ (根据邻区资料)。每一旋回均以碎屑岩沉积开始，以出现较厚的碳酸盐岩沉积结束。

二、岩石的化学性质 成矿专属性

矿区内的碳酸盐类岩石包括灰岩、白云岩、泥灰岩、钙质粉砂岩、钙质砂岩、钙质砾岩及其间之过渡种属。但以前两种及其过渡种属为主。对矿区内之碳酸盐类岩石按层位系统采样、化验，用C. F. 维什尼亚科夫碳酸盐类岩石的化学分类法进行了计算整理、分类命名(图2, 表2)。将72个岩样的分析资料换算成矿物，分类命名，并冠以外观特征、岩性标号后，可见不同组段的化学成分随沉积旋回不同而变化(表3)。

本矿区的经验化学控矿范围是：CaO 30%±，MgO 8~20%，硅酸物愈少愈有利。根据图2的分类，将主要化学及岩石外貌特征等条件近似的毗邻岩层合并后取其

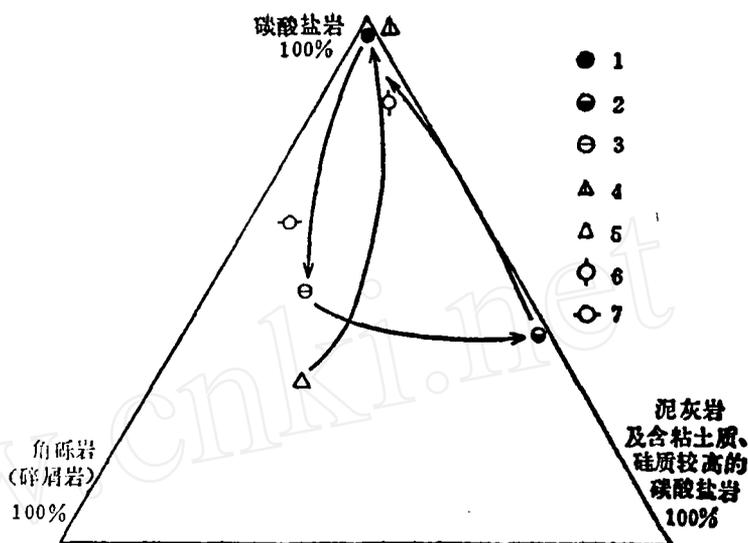


图1 晋南某矿区中奥陶统中、上段沉积旋回岩石类型的演化趋势
1—第三组第七段 (O_2^{3-3})；2—第三组第六段 (O_2^{3-2})；3—第三组第五段 (O_2^{3-1})；4—第二组第四段 (O_2^{2-2})；5—第二组第三段 (O_2^{2-1})；6—第一组第二段 (据全层平均值)；7—第一组第一段 (据全层平均值)

平均值，得图3。由图3可见，除 O_2^{3-2} 段的一些泥灰岩、高硅质粘土质碳酸盐岩外，矿区中所有单层均可划分为两个点群区。其一，紧沿MgO—CaO坐标线集中于右侧，是不利于交代形成夕卡岩-铁矿化的碳酸盐单层；此区岩石全属于灰岩类。其二，控制在MgO含量在15~40%， $SiO_2 + 酸不溶物 < 20\%$ ，CaO 50~80%的点群区是利于成矿的化学控制区；此区岩石全属于白云岩类。这一结论与生产实践中的认识是一致的。由图3可得出一条碳酸盐岩化学控矿临界曲线(图3中I—I'曲线)，它是一条因条件而异的可变曲线。

据此，用比值构成的控矿区间是：MgO = 15~40% (Mg = 9~24)，CaO = 50~80% (Ca = 35~57)。即Ca : Mg = 2.5~4*。

以原始化学成分按G. V. 杰林格的碳酸盐岩石分类法进行比较，其结果是一致的(图4)。图4中Ca : Mg = 1.5~2.0者，全部含矿(画图时有省略)，= 2.0~3.5

表3

地层	SiO ₂ + 酸不溶物	CaO	MgO	CaO / MgO
O_2^{2-1}	3.97	42.00	8.62	4.8
O_2^{2-2}	3.99	31.69	18.40	1.7
O_2^{3-1}	10.52	36.04	4.06	8.8
O_2^{3-2}	29.40*	31.80	8.69	3.6
O_2^{3-3}	1.44	53.22	1.45	36.7

* 去掉集中于燧石内的SiO₂后，平均值为3.47%。

* 三端元图解中的相对值。

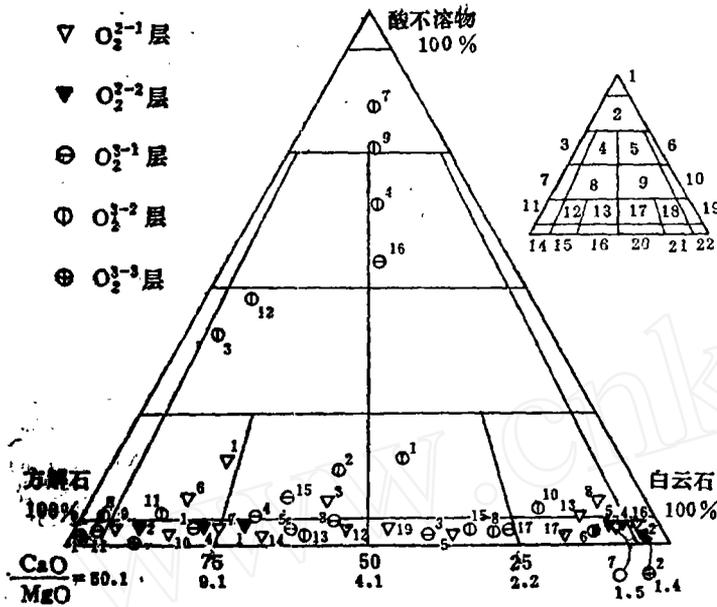


图2 ××山酸盐类岩石分类
(按C.Γ.维什尼亚科夫分类法)

- 粘土岩: 1—非碳酸盐质粘土; 2—含钙质白云质粘土、粘土质泥灰岩; 3—粘土质泥灰岩; 4—含白云质粘土质泥灰岩; 5—含钙质白云质粘土质泥灰岩; 6—白云质粘土质泥灰岩;
- 泥灰岩: 7—标准泥灰岩; 8—含白云质泥灰岩; 9—含钙质白云质泥灰岩; 10—白云质泥灰岩;
- 石灰岩: 11—粘土质灰岩; 12—含白云质粘土质灰岩; 13—白云质粘土质灰岩; 14—纯灰岩; 15—含白云质灰岩; 16—白云质灰岩;
- 白云岩: 17—钙质粘土质白云岩; 18—含钙质粘土质白云岩; 19—粘土质白云岩; 20—钙质白云岩; 21—含钙质白云岩; 22—纯白云岩

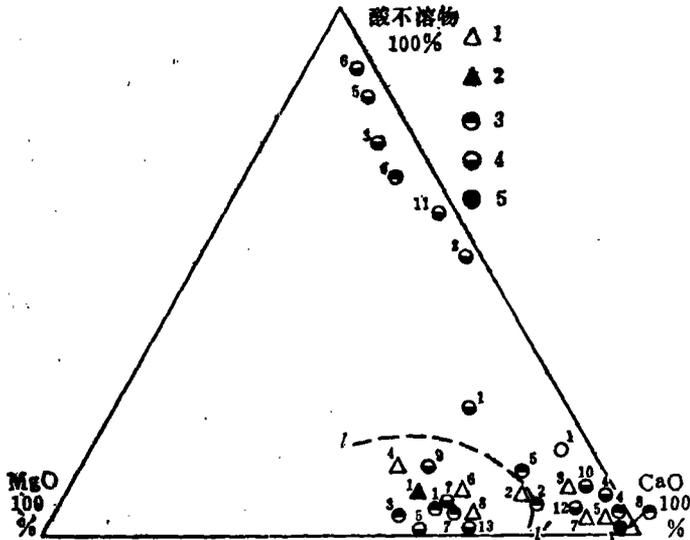


图3 ××山碳酸盐岩分层的岩石化学演变及控矿区域图
(采用合并化学成分近似的毗邻层的平均值)

表4

岩	不溶残余	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	灼减	CO ₂	P ₂ O ₅	S	SO ₂	Cl	CaCO ₃	CaMg(CO ₃) ₂			
1	含钙粘土白云岩	5.12	0.003	1.05	0.62	0.82	0.01	19.21	31.27	0.60	0.06	0.89	0.07	40.64	0.01					<8.18	<87.57	33.58	64.60	
2	钙质白云岩	1.26						14.30	38.46						45.60								0.90	96.57
3	白云岩			0.29	0.39	0.41	痕迹	21.06	30.34	0.34	0.03				46.81				9.11					

1—本矿区, 样号139-1-227; 2—据K.K.泽列诺夫; 3—据T.E.比留科娃。

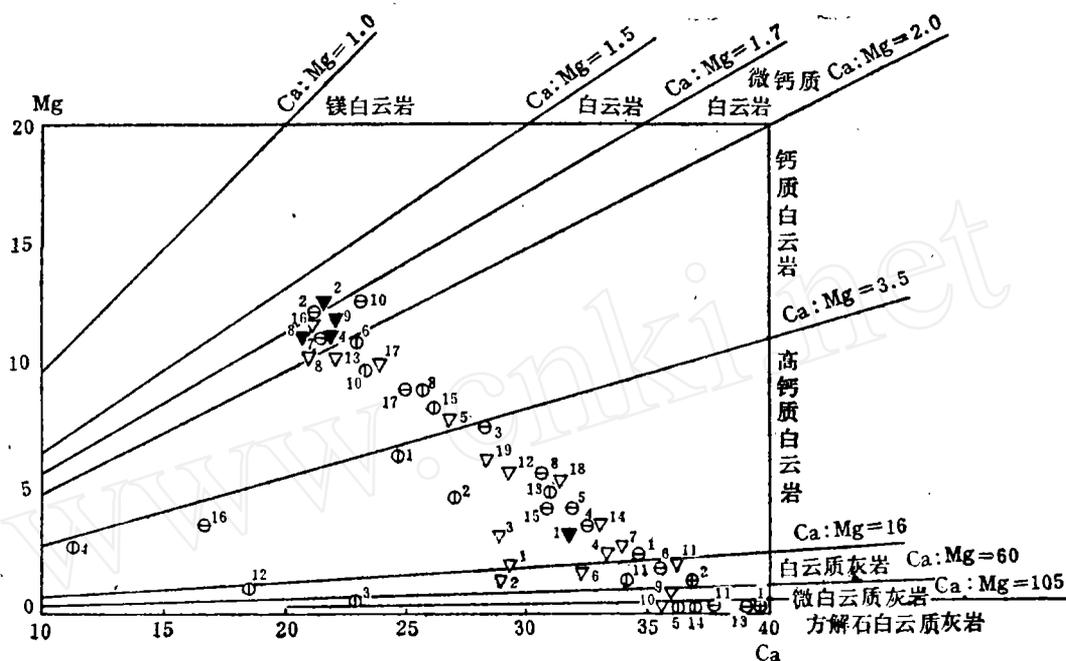


图4 ××山碳酸盐化学分类
(按G.V.杰林格分类法, 1957; 投影符号同图2)

者,很少含矿; >3.5 者,则皆不含矿。由此可见,成矿作用对岩层的选择来说是亲镁的。随着MgO含量的降低,赋矿性也越差。这些亲矿的岩层在G.V.杰林格的分类中属于白云岩—微钙质白云岩。

值得指出的是,由于某些分析项目缺失,对岩样中存在哪些副矿物及含量多少的查定带来了困难。为此,我们采用了И.А.尤尔凯维奇的方法,利用图5进行解析,以推测与碳酸盐类矿物有成因联系和可能存在的副矿物。

由图5可见,在44—47.7—100所构成的三角形内的各点,为正常组分的白云石(或方解石)展布区,其中的投影点(因重叠,有37%已省略)反映了矿区的控矿围岩及其他大部分岩层的组成矿物是正常性质的。投影点落于0—44—100中各点所代表的岩层,显示CaO或MgO有剩余,而CO₂不足。按И.А.尤尔凯维奇的研究,认为这类岩石都是含盐相的碳酸盐层。我们对15个小块切片进行了检查,未发现石膏、磷灰石、萤石等

矿物。但在地表常见有似石盐晶形的流失洞。倘为石盐,则磨片时多会溶失,可见这些含盐相岩层中是可能存在石盐的。

此外,在52.2—100线外侧出现投影点16(岩样号J₃₋₁₋₆),其分类命名为灰绿色含钙质白云质粘土质泥灰岩。按其出现的位置,表示CO₂除满足与CaO或MgO结合外,尚有剩余,可能含有相当数量的Fe²⁺或其他碳酸盐类矿物。

在含盐相的展布区中,有些过高的MgO可能来源于某些粘土矿物。将O₂³⁻²段赋矿的含钙质粘土质白云岩(样号139-1-227)与K.K.泽列诺夫及T.E.比留科娃的钙质白云岩和白云岩平均化学成分对比(表4)和图解分析表明:本矿区赋矿段(层)基本上应属于正常的或部分含盐相碳酸盐岩。由表5可知,139-1-227号样中SiO₂、Al₂O₃、H₂O⁺偏高,K₂O偏低,只能形成少量简单的粘土矿物,并仍有游离的SiO₂剩余。可见粘土矿物的存在对成矿影响不大。

三、碳酸盐岩—— 矿化

本区铁矿床的夕卡岩化—磁铁矿化阶段中岩浆岩与碳酸岩的化学特征对成矿起主要作用。矿区所见到的磁铁矿化有：(1) 选择交代镁夕卡岩(主要)；(2) 直接交代镁碳酸盐岩层；(3) 交代岩浆岩中的碳酸盐捕虏体；(4) 岩浆岩中的几种自身交代。所有这几种矿石中，总是包含有一些交代残留的夕卡岩矿物作为脉石。

在矿区浅部出露较多的石榴石夕卡岩可能是在夕卡岩化阶段交代 O_2^{3-2} 以上的地层形成的，未见成矿；而透辉石、蛇纹石、粒硅镁石、金云母和方柱石等构成的镁夕卡岩，为矿区的主要赋矿夕卡岩。

本矿区的围岩蚀变(包括矿化)按地层所划分的蚀变组合类型见表5。

由表5可见，镁或钙镁的单矿物乃至复矿物夕卡岩类，很大程度上受围岩的化学性

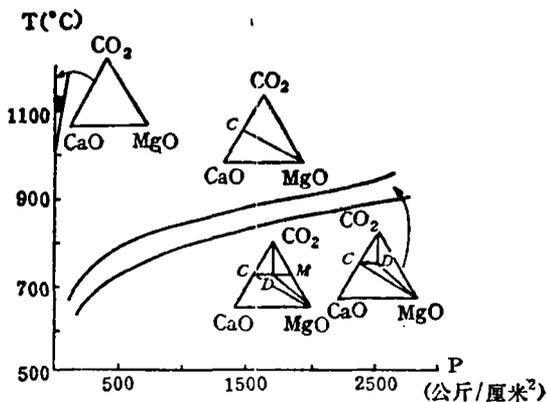


图6 在MgO-CaO-CO₂三元系中MgCO₃ [M]、CaCO₃ [C]、CaM(gCO₃)₂ [D]的分解曲线
(据R.J.哈克及O.F.脱特尔)

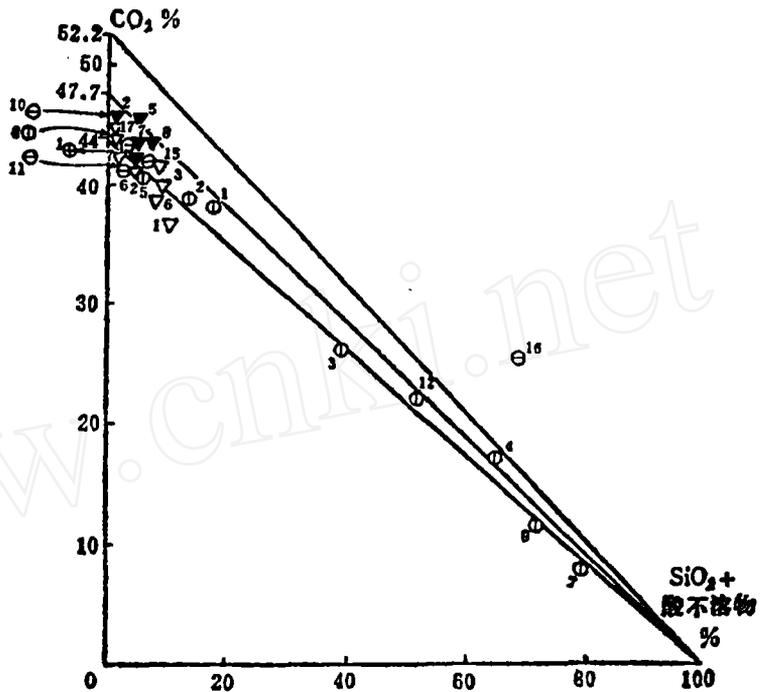


图5 XX山碳酸盐岩主要矿物组分变异图
(据H.A.尤尔凯维奇, 1953; 投影符号同图2)

质所决定。不出现单矿物的钙夕卡岩类型的蚀变。作为围岩介质中最主要的常量元素镁和钙，显然对成矿起主导的控制作用。

援引R.J.哈克与O.F.脱特尔对MgO-CaO-CO₂三元系中菱镁矿、白云石和方解石的分解曲线的实验研究资料(图6)，有助于说明在早期岩浆作用条件下，与钙或镁碳酸盐类所进行的理化反应的一个侧面。

在图6给定的温度、压力条件下，分别划出了菱镁矿、白云石和方解石的分解区间。可以看出，随着压力的增高方解石的分解温度亦增高，而菱镁矿、白云石并无显著变化，说明方解石较稳定。随着温度、压力的增高，菱镁矿和白云石作有序分解。在不具备方解石的分解条件或根本缺乏纯石灰岩层的情况下，熔浆中应缺乏钙的大量参与作用。因此，这些有序分解则使岩浆所提供的硅、铝、钾、钠，以及氢或氟等挥发分形成镁的、钙镁的夕卡岩矿物。本矿区成矿母岩的化学成分是二氧化硅不过饱和而且富碱

表5

地层	单矿物或复矿物夕卡岩的组合类型	分布(钻孔号)
3-2 O ₂	石榴石-透辉石	1-5, I 2, I-1
	透辉石	1-0
	磁铁矿-金云母-透辉石(或蛇纹石)	1-0, 2-1, (1-0)
	透辉石-磁铁矿-透闪石	I-2
	磁铁矿-金云母-黄铁矿-透辉石-石榴石	2-1
3-1 O ₂	金云母-透辉石	1-1
	磁铁矿-金云母-透辉石	1-1
	金云母	1-1
2-2 O ₂	蛇纹石-金云母-透辉石	1-1
	磁铁矿-金云母-透辉石	1-1, 1-4
	磁铁矿-蛇纹石(或金云母)	1-1, 1-6, 1-4, 2-2
	粒硅镁石-蛇纹石-透辉石(+磁铁矿)	1-6, (2-2)
	透辉石-透闪石	
2-1 O ₂	蛇纹石	1-2, 1-3
	磁铁矿-透辉石	1-2, 1-3, 2-2, 2-5
	透辉石-阳起石(或透闪石)	1-2
	磁铁矿-粒硅镁石-蛇纹石(或镁橄榄石)	2-5
附: 闪 长 岩	石榴石-透辉石(或透闪石)	I-1, 1-5, I-2
	绿泥石-绿帘石	1-1, 1-4, 1-6, 1-2, 1-3 I-2
	钠长石-钾长石	1-1, 1-6, 1-2, 1-3, 2-5
	碳酸盐化	1-1, 1-2
	绢云母化	1-3
	方(钠)柱石化	南部较北部多

表6

岩 石 分 类	闪长岩	绿帘石化 闪长岩	石榴石 夕卡岩	透辉石 石榴石 夕卡岩	铁 矿 石	透辉石 绿帘石 夕卡岩	透 辉 石 夕 卡 岩	含 钙 质 粘 土 白 云 岩 (铁石染)
	(1) (GC 4)	(2) (1495)	(3) (321)	(4) (c113-30)	(5) (某矿体平均值)	(6) (232)	(7) (71-4-11)	(8) (139-1-277)
SiO ₂	61.78	64.22	36.84	42.24	14.01	40.12	52.35	5.12
TiO ₂	0.43	0.34	—	0.25		—	0.10	0.01
Al ₂ O ₃	17.34	18.02	3.70	10.44	1.29	16.74	0.26	1.05
Fe ₂ O ₃	2.09	2.83	27.40	4.11	} 40.54	9.29	0.67	0.62
FeO	1.37	0.87	1.18	1.19		4.89	1.78	0.82
MnO	0.03	0.02	0.11	0.28		0.09	0.07	0.01
MgO	1.48	0.57	0.08	7.34	11.18	3.65	16.29	19.21
CaO	4.06	2.37	29.48	30.04	6.94	19.33	25.32	31.27
Na ₂ O	4.60	8.55	1.35	0.45		—	0.48	0.60
K ₂ O	3.40	0.80	0.31	0.05		0.23	0.01	0.01
P ₂ O ₅	0.24	0.20	0.01	0.02	0.01	0.08	0.21	0.89
H ₂ O ⁺		0.82	1.15	0.71		1.26	0.46	0.07
H ₂ O ⁻		0.58	0.02	0.20		0.14	0.27	
CO ₂		1.15	0.58			4.06		40.61

表7

样号	Si	P	Ti	Al	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Mn	Mg	Ca	Na	K	(OH)
(1)	571	1	2.7	189	14.4	10.5		20.5	39	82	40	12
(2)	522	1	2	183	17.5	6.2		7.7	22	142	9.3	45
(3)	381			45	212	10		1.2	326	27	3.7	80
(7)	515	1.2	0.6	2.9	5	14.7	0.6	238	266	9.4	1.2	30
(8)*	43	6		10	4	5.7		239	280	10		40

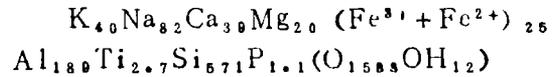
* 仍以氧原子数与金属原子数之比为 1600 : 1000 计。

质, 因此, 在碳酸盐分解过程中, 由于互补交代作用及同化作用, 部分熔浆产生新的平衡, 促使岩浆中的铁、镁质相对富集。特别是在自变质钠交代作用下, 大量铁镁硅酸盐矿物减少或消失, 形成本区近矿母岩的退色带, 对成矿起了积极作用; 其范围越广, 铁矿化越强烈, 夕卡岩化亦相应发育。

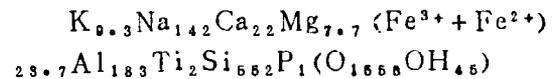
在这一过程中, 从围岩中析出的大量 CO₂ 等挥发分促使内压增高; 随着岩浆的冲蚀, 当接近浅部或构造减压带时, 在氧的大量补给下, 温度亦随之增高, 则围岩中的方解石将从相对稳定状态转入活泼, 开始分解, 形成若干以钙为主的夕卡岩矿物。过剩的 CaO 或形成碳酸盐化, 或以方解石脉再现。据 P.H. 罗森贝等的实验研究, 此阶段的方解石可能部分地接受白云石化。在这一

作用中白云岩类的 CaO/MgO 的比值趋于降低, 其他成分亦有迁移。以第 3 线 1330 米水平 2142 号穿脉为例, 分析结果列于表 6。有选择地按 T. 巴尔特方法计算成单位晶胞中元素的原子数 (表 7), 并以岩石公式表示如下:

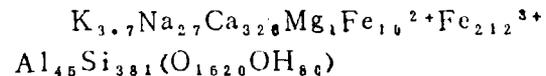
(1) 闪长(斑)岩:



(2) 绿泥石化闪长(斑)岩:



(3) 石榴石夕卡岩:



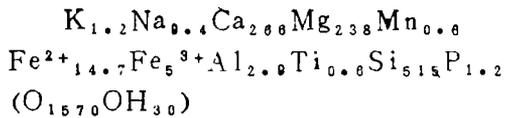
(7) 透辉石夕卡岩:

主要夕卡岩与围岩单位体积的组分含量变化

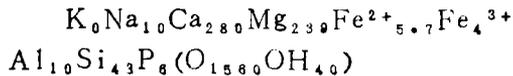
表 8*

	(1)	(3)	(7)	(8)	加入(+), 带出(-), g/100cm ³		
	g/100cm ³	g/100cm ³	g/100cm ³	g/100cm ³	(1)-(3)	(3)-(7)	(7)-(8)
SiO ₂	153.83	117.88	163.85	14.33	+92.05	-45.97	+49.52
TiO ₂	1.07		0.31				
Al ₂ O ₃	43.17	11.84	0.81	2.94	+31.33	+11.03	-2.13
Fe ₂ O ₃	5.20	87.68	2.09	1.73	-82.48	+85.59	+0.66
FeO	3.41	3.77	5.57	2.29	+0.36	-1.80	+3.28
MnO	0.07	0.35	0.21	0.03			
MgO	3.68	0.25	50.98	53.78	+3.43	-50.73	-2.80
CaO	10.11	94.33	79.25	83.55	-84.22	+15.08	-8.30
Na ₂ O	11.45	4.32	1.50	1.68	+7.13	+2.82	-0.13
K ₂ O	8.46	9.91	0.31		-1.45	+9.60	
P ₂ O ₅	0.59	0.05	0.65	2.49			
H ₂ O ⁺		3.68	1.44	0.19		+2.24	+1.25
H ₂ O ⁻		0.06	0.84				
CO ₂		1.85		119.70			
(d)	2.49	3.20	3.13	2.80			

* 岩样号同表 6。



(8) 含钙质粘土质白云岩:



从上述公式得知:透辉石化时,常量元素离子数与白云岩比较,除硅外变化甚微。石榴石化时,与白云岩比较,钙有增加而镁变化甚少;对闪长岩比较,铁有明显带入,并大部分氧化成三价铁,可推知在早期碱性阶段,出现过氧化还原条件,并形成了钙铁榴石。钠的活动亦随岩浆的自变质作用而增高。其他组分的迁移情况列于表8。

在夕卡岩带中的含氯矿物目前只见有方柱石,其析光率 $No = 1.5542$, $Ne = 1.5396$, $No - Ne = 0.0046$,介于标准的钠柱石 $ne (No) = 1.5401 \sim 1.571$, $Nw (Ne) = 1.550 \sim 1.600$ 之间,应属于含氯分子的方柱石。视为运矿元素氯的地球化学行为目前还不清楚。Г. А.索科洛夫等认为:“凡具大量方柱石化的此类矿床,于其成矿溶液中,铁是以 $Na(Fe, Cl_4)$ 或 $Na_2(Fe, Cl_4)$ 等类型的络合物存在的,……由于 Fe^{2+} 具有基性, Fe^{3+}

除具基性外,还表现为弱酸性,所以通过氧化物水解的中间反应, Fe^{2+} 及 Fe^{3+} 可组合成磁铁矿。特别是当溶液中有氯合离子时,对其反应更为有利。”因此,来源于深部碳酸盐层中的石盐分解物,对铁矿化可起有利的催化、萃取作用。本区的 J_{2-1-1} 、 J_{2-1-6} 、 J_{3-1-2} 、 J_{3-2-5} 等岩样所代表的各单层,均可能含有石盐等矿物。

四、结 论

综上所述,可以获得如下概念:

1. 镁-钙镁夕卡岩矿物中的钙和镁,主要来源于白云岩。
2. 铁质和硅、铝以及碱质等金属阳离子主要来源于闪长岩浆。
3. 对成矿有利的围岩,主要是镁或钙镁夕卡岩。
4. 正常组分碳酸盐层的 $Ca : Mg = 2.5 \sim 4$ 者对镁夕卡岩化-铁矿化最为有利,其比值将随矿化作用的进行而降低。
5. 钠柱石可视为近矿的找矿标志之一。
6. 随元素组分体系而异的控矿临界曲线(见图31-1')是可变的,但各同类型矿区均可出现有规律的曲线或点群区域。

定 向 水 平 磁 力 仪

北京地质仪器厂广大职工,在“独立自主、自力更生”方针指引下,自行设计试制成功我国第一台定向水平磁力仪,为我国磁法勘探技术填补了一项空白。

磁测法是寻找磁铁矿矿床非常有效的一种物探方法,由于我国广大地区处于中低纬度,地磁场水平分量往往大于垂直分量,通常磁测所测磁异常值均较弱,急需开展水平磁分量的测量工作,借以发现水平分量异常,研究矿体的大小与产状,提高找矿效果。定向水平磁力仪可以测量地磁场水平分量和磁偏角。该仪器由磁力仪与走向装置两部分组成,其特点是磁系部分装有温度、纬度调节螺丝,使用区域范围较大,定向精度高,可达 $3'$ 以内,不受矿体磁性和走向的影响,观测均方误差小于10伽马。