

# 第七章 接触交代夕卡岩型铁矿床

## 一、邯邢式接触交代型铁矿床

邯邢-邢台地区铁矿床的矿体产于燕山期(110—171Ma)中性岩浆杂岩(闪长岩、二长岩)与中奥陶纪碳酸盐岩的接触带、碳酸盐岩层间破碎带以及岩体中的碳酸盐岩捕虏体周围。该地区包括藁村、西石门、矿山村、玉石洼、北铭河、团城、符山等矿区。成矿区地质简图表示在图 7.1 中。

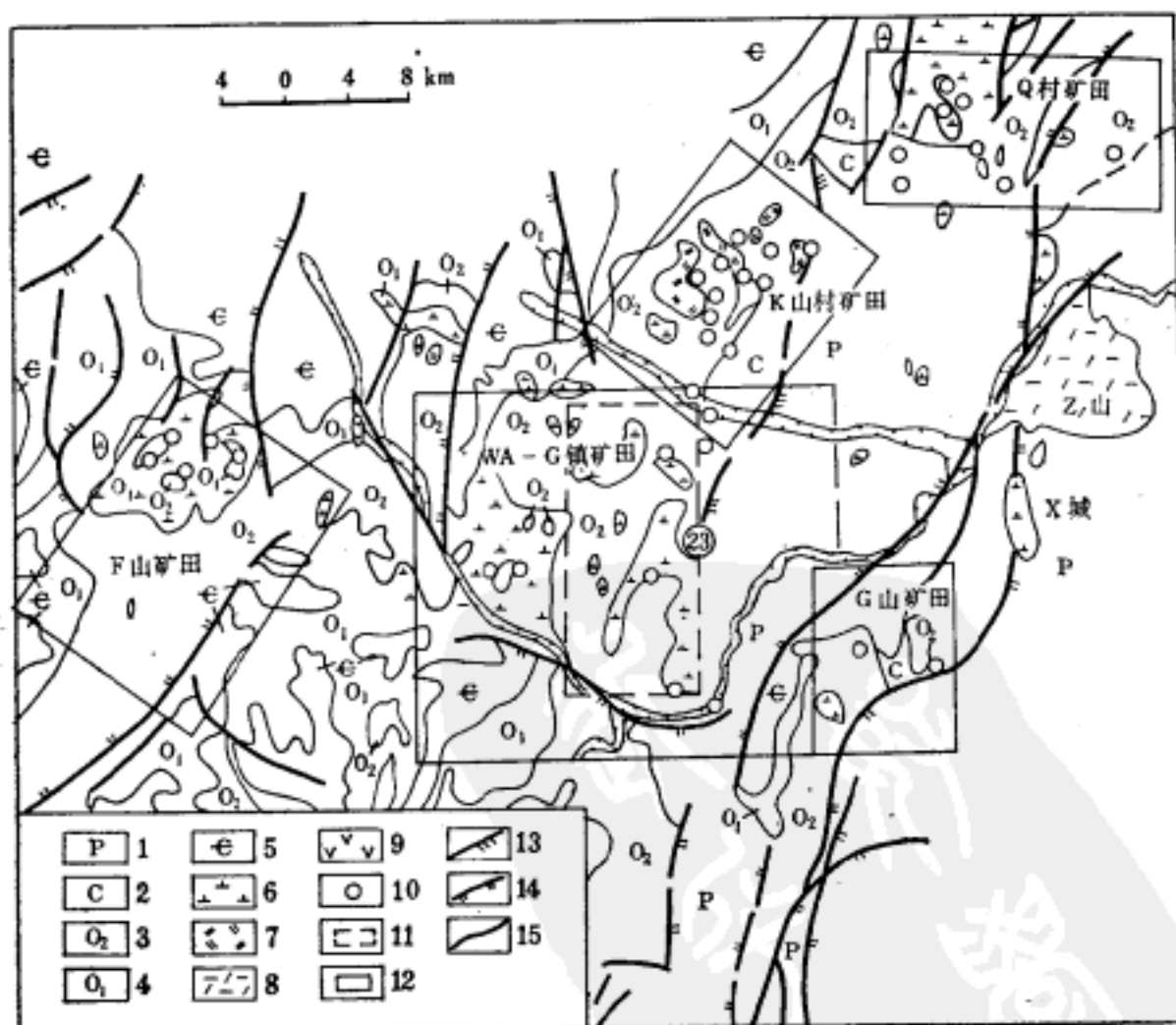


图 7.1 邯邢式接触交代夕卡岩型铁矿成矿区地质简图(冶金 518 队等, 1973)

- 1.二叠系 2.石炭系 3.中奥陶统 4.下奥陶统 5.寒武系 6.闪长岩 7.二长岩  
8.正长岩 9.玄武岩 10.铁矿床 11.1972年1:10000 构造调查区 12.铁矿田边界  
13.压扭性断裂 14.华夏构造体系冲断裂 15.性质不明断裂

根据华北冶金地质勘探公司的资料<sup>1)</sup>,铁矿体主要赋存在构造岩浆上隆区中,而且矿体形态受上隆构造型式控制。当盖层褶皱平缓时,矿体产于侵入体的顶面。侵入体与围岩平行而呈整合接触。矿体规模较大,形态简单,呈似层状或扁豆状(见图 7.2)。当盖层

1) 丁俊德、李黎明、刘春吉, 1979, 论邯邢地区“邯邢式”接触交代型铁矿。

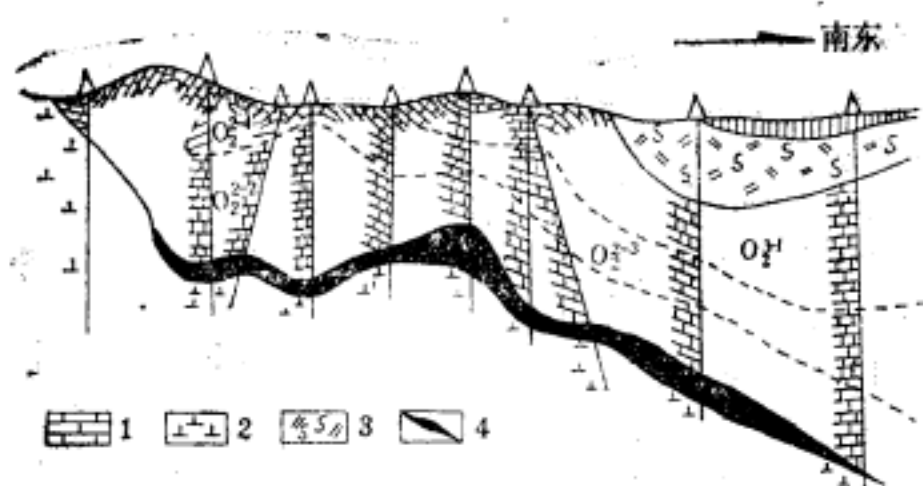


图 7.2 顺层接触带型矿体(冶金 518 队等, 1973)

1. 中奥陶统灰岩 2. 闪长岩 3. 蚀变二长岩 4. 矿体

褶皱构造强烈时, 岩浆侵入时上隆强度较大, 而且岩浆往往沿层间贯入, 形成主接触带的上隆岩体顶面之外, 还有很多的层间及构造破碎带。矿化作用不仅沿主接触带上隆岩体顶面进行, 而且还在围岩层间或围岩中构造破碎带发生, 形成多层状矿床, 矿体形态多为囊状和透镜状。有的矿体呈捕虏体型和残留体型(冶金 518 队等, 1973)。

大部分矿体长几十米至几百米, 少数长达 1000m 以上, 个别长达 5000m。延深达几十米至几百米, 少数达 1000m。矿体厚度一般为几米至几百米, 个别矿体厚达 200m。矿体的走向随岩体上隆构造的方向而异, 但主要受新华夏构造体系和东西向构造的影响。

矿床围岩蚀变主要有钠长石化和夕卡岩化。钠长石化作用一个重要特征就是使近矿岩体发生明显的褪色作用。闪长岩类岩体中的中长石、钾长石、石英被钠长石交代。岩体中  $K_2O$  含量降低, 多在 1% 以下,  $Na_2O$  含量明显增高, 最高达 9—10%,  $Fe_2O_3$  含量及  $FeO$  含量也显著减少(见表 7.1)。

表 7.1 含矿岩体钠长石化作用中铁的变化

岩 体	矿山村		固 镇		符 山	
铁的变化	闪长二长岩	钠化闪长岩	闪长岩	钠化闪长岩	闪长岩	钠化闪长岩
$Fe_2O_3$	3.64	0.62	3.82	1.50	3.77	1.91
$FeO$	2.08	1.06	3.20	1.11	3.61	1.19
$FeO + Fe_2O_3$	5.72	1.68	7.02	2.61	7.38	3.10

据丁德俊等, 1979, 论鄂邢地区“鄂邢式”接触交代型铁矿。

磁铁矿化的强弱程度与钠长石化作用的发育程度成正比。钠长石化岩石在空间分布上与铁矿体平行。钠长石化作用规模不等, 有时近矿岩体钠长石化地段宽达百米至几百米。钠长石化的深度有时竟达数百米(如西石门 ZKD94 孔, 钠长石化岩石的厚度达 500m 以上)。

从表 7.1 中可知, 岩体经钠长石化作用能从原岩中析出铁质 57.95—70.63%。西石门铁矿区的钠长石化岩体若以长 6000m, 钠长石化深度为 300m, 钠长石化岩石宽度为 500m, 岩体体重为 2.6, 钠长石化过程中析出铁质为 4.04% 计算, 能形成品位为 50%, 储量为 13262.4 万吨的铁矿矿床(这与该铁矿的实际勘探储量相差较小)。根据矿山村、固

镇和符山三个岩体资料,经过钠长石化的岩石含  $\text{Na}_2\text{O}$  高。上述三个岩体  $\text{Na}_2\text{O}$  的初始含量分别为 6.28%、4.62% 和 4.22%。钠长石化后,岩石的  $\text{Na}_2\text{O}$  含量分别增至 10.00%、7.75% 和 6.34%。这些增长的钠大部分来自奥陶系中统碳酸盐建造中的石膏层。在本区,铁矿床的空间赋存位置与膏盐层紧密相连(见图 7.3)。

夕卡岩化与主要铁矿体关系密切,磁铁矿交代夕卡岩矿物的现象普遍。大、中型铁矿床(如西石门、中关、王窑、北铭河等矿床)主要与透辉石夕卡岩的关系密切,而与钙铁榴石夕卡岩有关的矿床,一般规模较小,且为数不多。夕卡岩化作用常沿着岩浆岩与碳酸盐岩的接触带、岩体内部节理、裂隙和围岩的层间裂隙以及构造破碎带进行。从岩浆岩至碳酸盐岩,形成一套接触交代的蚀变岩。夕卡岩的分带现象时明时暗,各矿区的情况不一样。内接触带常可分钠长石化闪长岩、透辉石化或柱石化闪长岩和方柱石、钠长石化闪长岩、透辉石石榴子石夕卡岩。外接触带主要为透辉石夕卡岩及透辉石化大理岩。以蔡村为例,从闪长岩至碳酸盐岩,夕卡岩分带明显:辉石→钠长石化闪长岩→辉石→石榴子石闪长岩→石榴子石夕卡岩→透辉石—石榴子石夕卡岩→石榴子石透辉石夕卡岩→透辉石夕卡岩。各夕卡岩带的化学成分如图 7.4 所示。从

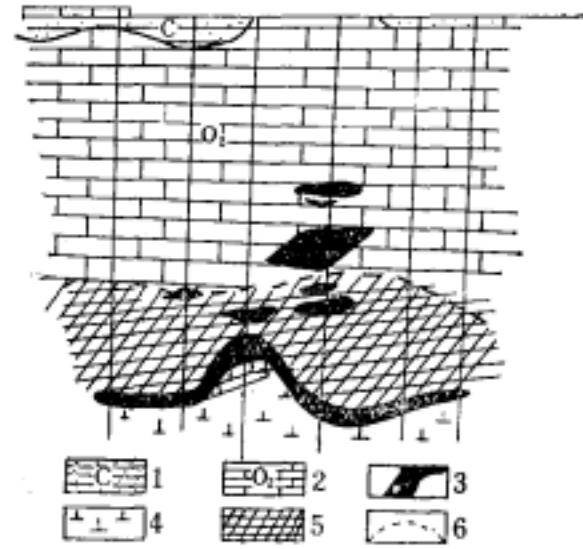


图 7.3 邯邢地区胡峪铁矿第 5 勘探线剖面<sup>1)</sup>

1. 石炭系 2. 中奥陶统灰岩 3. 铁矿体 4. 燕山期闪长岩 5. 膏盐层 6. 膏盐层面线

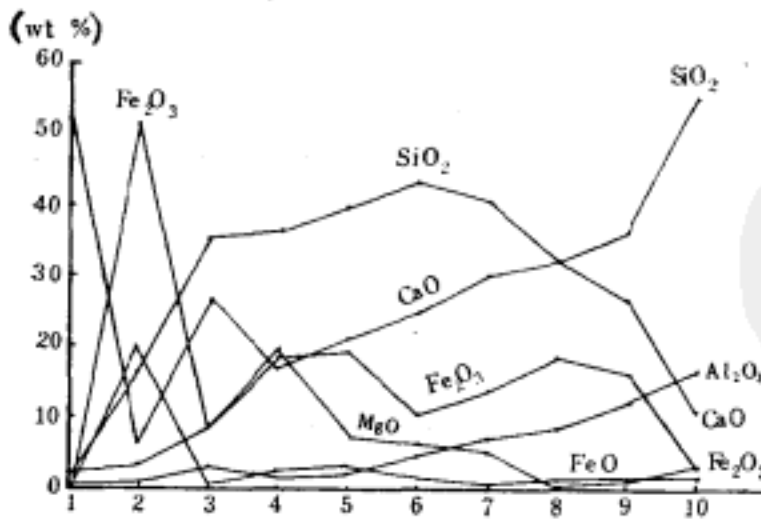


图 7.4 蔡村各夕卡岩带化学成分变化曲线

1. 灰岩 2. 磁铁矿矿石 3—6. 透辉石夕卡岩 7. 石榴子石—透辉石夕卡岩 8. 石榴子石夕卡岩 9. 透辉石—石榴子石化闪长岩 10. 透辉石—钠长石化闪长岩

近为比较氧化的环境。

我们做了蔡村铁矿床石榴子石成分的电子探针分析(见表 7.2 和表 7.3),

图可见,闪长岩中的  $\text{SiO}_2$  大量被带入碳酸盐岩石中,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  也明显地被溶液带入灰岩。碳酸盐岩中的  $\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$  也有向闪长岩中运移的趋势。这些事实说明,夕卡岩系由淋滤和双交代作用而成。在整个夕卡岩带,  $\text{SiO}_2$  含量变化小,  $\text{CaO}$  含量变化呈波浪状,在夕卡岩带中部的  $\text{CaO}$  含量稍低。远离闪长岩体,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量规律性地减少,而  $\text{MgO}$  含量则增加。在靠近内接触带,夕卡岩中  $\text{FeO}$  含量很低,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量较高,这说明当时在靠近闪长岩的接触带附近

1) 丁德俊等, 1979, 论邯邢地区“邯邢式”接触交代型铁矿。

表7.2 綦村铁矿床石榴子石成分电子探针分析结果(%)

标本号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	总量	And	Gr	Alm+Sps +Pyr
									(mol%)		
80-21	36.77	0.06	17.32	2.33	0.08	4.02	35.62	96.19	20.8	77.6	1.6
80-22	36.19	0.54	6.98	20.72	0.53	0.13	32.69	97.77	64.7	30.8	4.5
80-23-1	36.34	1.20	7.83	19.12	0.55	0.15	33.02	98.21	58.9	36.9	4.3
80-23-2	37.12	0.20	10.61	16.70	0.52	0.18	32.96	98.29	49.3	45.1	5.6
80-23-3	37.17	0.12	7.68	20.15	0.46	0.09	32.95	98.61	63.1	32.1	4.9
80-23-6a	38.05	0.20	11.61	15.82	0.54	0.09	33.90	100.21	45.7	49.2	5.1
80-23-6b	37.94	0.70	10.49	16.46	0.50	0.20	33.86	100.16	49.2	46.0	4.8
80-24	36.31	0.07	5.25	22.80	0.31	0.06	33.79	98.60	74.6	23.8	1.7
80-25	36.33	0.16	6.29	21.08	0.37	0.10	33.23	97.55	69.1	28.2	2.7
80-34	36.74	0.06	12.56	14.27	0.50	0.12	33.46	97.72	40.6	55.1	4.4
80-35	36.39	0.15	3.90	24.61	0.49	0.00	32.26	97.80	30.5	14.9	4.6

由 Barton, M.D. 分析, 80-21—80-23-6b 为由闪长岩体至灰岩方向采集的标本。

表7.3 綦村铁矿床石榴子石的阳离子数

标本号	岩石名称	Ca	Si	Ti	Mn	Fe	Mg	Al	合计
		[以 24(O)为基础的阳离子数]							
80-21	石榴子石夕卡岩	5.906	5.690	0.007	0.010	0.301	0.927	3.160	16.000
80-22	石榴子石-辉石夕卡岩	5.730	5.919	0.066	0.073	2.834	0.031	1.347	16.000
80-23-1	石榴子石-辉石夕卡岩	5.745	5.901	0.146	0.076	2.596	0.037	1.499	16.0001
80-23-2	石榴子石-辉石夕卡岩	5.664	5.953	0.024	0.070	2.239	0.044	2.005	16.000
80-23-3	透辉石夕卡岩	5.707	6.009	0.015	0.063	2.724	0.021	1.463	16.000
80-23-6a	透辉石夕卡岩	5.697	5.967	0.024	0.072	2.074	0.020	2.147	16.000
80-23-6b	透辉石夕卡岩	5.713	5.975	0.083	0.067	2.168	0.046	1.948	16.000
80-24	透辉石夕卡岩	5.900	5.918	0.008	0.043	3.107	0.013	1.009	16.000
80-25	矿石	5.839	5.958	0.020	0.051	2.892	0.025	1.216	16.000
80-34	石榴子石-透辉石夕卡岩	5.738	5.879	0.008	0.068	1.910	0.029	2.369	16.000
80-35	石榴子石-透辉石夕卡岩	5.722	6.024	0.019	0.068	3.406	0.000	0.761	16.000

表 7.2 的资料说明, 由岩体至灰岩方向, 除了 80-21 的石榴子石成分为  $Gr > And$  及 80-23 的石榴子石  $And$  含量高外, 石榴子石的  $And$  分子含量依次降低,  $Gr$  分子含量逐渐升高。这表明, 在夕卡岩形成时,  $Al$  也具有相当大的活动性, 因为碳酸盐岩中  $Al_2O_3$  含量较低 (0.25—0.36%)。该矿床石榴子石总的特点是含  $(Alm + Sps + Pyr) < 5mol\%$  的钙铁榴石-钙铝榴石系列, 而且绝大部分石榴子石成分在该固溶体系列的中间部位。

上述同一标本中的辉石成分的电子探针分析结果列于表 7.4 和表 7.5。

由表 7.4 可知, 在由闪长岩至灰岩方向的夕卡岩带中, 靠近灰岩的夕卡岩富含  $Di$  分子的辉石。随着远离岩体, 辉石中透辉石分子含量增加是逐渐的。虽然由闪长岩至灰岩方向, 夕卡岩中的石榴子石  $Gr$  分子含量增加, 但是由于愈远离岩体, 夕卡岩中石榴子石的总含量减少, 富含  $Di$  分子的辉石含量增大, 所以夕卡岩的化学成分特点是近岩体一侧富  $Al_2O_3$  而贫  $MgO$ , 远离岩体一侧则富  $MgO$  而贫  $Al_2O_3$ 。

夕卡岩遭受了后来的热液蚀变作用, 比较普遍分布的有绿帘石化、阳起石-透闪石化、绿泥石化、绢云母化、硅化和碳酸盐化。这些蚀变作用发生在内外接触带, 被交代的矿物主要为普通角闪石、斜长石、透辉石、石榴子石和磁铁矿。显微镜下观察表明, 矿山村铁矿

表7.4 蔡村铁矿床辉石成分电子探针分析结果(%)

标本号	颜色	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	合计	Di	Hed	Jo
		(mol%)										
80-23-1	深绿	53.58	0.10	1.13	7.99	0.36	11.86	23.75	98.77	67.3	29.6	3.1
80-23-2a	绿	48.86	0.08	5.72	7.37	0.19	13.01	24.48	99.71	72.1	25.4	2.5
80-23-2b	绿	53.67	0.04	1.55	6.86	0.30	13.96	25.45	101.84	76.0	23.6	0.5
80-23-5a	浅绿	54.92	0.01	0.84	3.16	0.09	16.55	25.49	101.07	89.2	9.6	1.3
80-23-5b	浅绿	52.70	0.03	2.27	5.92	0.17	14.63	25.06	100.79	79.9	18.5	1.6
80-23-6	浅绿	53.07	0.00	1.81	5.26	0.23	15.10	25.73	101.21	81.9	18.5	0.4
80-24	绿	51.66	0.01	2.25	5.92	0.21	14.47	24.85	99.36	80.2	18.8	1.1
80-25	绿	50.37	0.02	1.72	8.07	0.35	13.24	24.76	98.52	74.7	25.8	0.4
80-34	绿	53.37	0.05	2.71	1.47	0.06	16.97	26.26	100.88	90.9	10.2	1.1

表7.5 蔡村铁矿床辉石的阳离子数

标本号	岩石名称	Ca	Si	Ti	Mn <sup>++</sup>	Fe <sup>++</sup>	Mg	Al	合计
		[以 24(O) 为基础的阳离子数]							
80-23-1	石榴子石-辉石夕卡岩	3.875	8.158	0.011	0.046	1.017	2.690	0.203	16.000
80-23-2a	石榴子石-辉石夕卡岩	3.900	7.265	0.009	0.024	0.917	2.883	1.003	16.000
80-23-2b	石榴子石-辉石夕卡岩	3.982	7.834	0.004	0.037	0.838	3.038	0.268	16.000
80-23-5a	透辉石夕卡岩	3.950	7.943	0.001	0.011	0.382	3.566	0.144	16.000
80-23-5b	透辉石夕卡岩	3.936	7.725	0.003	0.021	0.725	3.197	0.392	16.000
80-23-6	透辉石夕卡岩	4.015	7.727	0.000	0.029	0.641	3.277	0.311	16.000
80-24	透辉石夕卡岩	3.958	7.679	0.001	0.026	0.736	3.207	0.394	16.000
80-25	矿石	4.016	7.623	0.002	0.044	1.022	2.986	0.306	16.000
80-34	石榴子石-透辉石夕卡岩	4.044	7.672	0.005	0.007	0.177	3.636	0.459	16.000

由 Barton, M.D. 分析。

床的石榴子石常包有辉石、磁铁矿、晚阶段细粒透辉石和含钠阳起石交代石榴子石。辉石多被阳起石和绿泥石交代。方解石细脉穿入石榴子石,含石榴子石的细脉穿入夕卡岩,因此,在矿山村铁矿床夕卡岩中的石榴子石和辉石都至少有两个世代。

在五家子铁矿床,见较晚世代的细粒辉石交代较早世代的透辉石和残留碳酸盐岩。夕卡岩中有磁铁矿处,辉石变化为绿泥石。这表明,磁铁矿化与绿泥石化作用关系密切。在蔡村矿床,于石榴子石-透辉石夕卡岩带中见有受绢云母化的长石残留,表明靠近岩体接触带的夕卡岩主要为双交代作用而成,远离岩体的透辉石夕卡岩主要为淋滤作用形成。于透辉石-石榴子石夕卡岩中见有方解石和长石脉穿入。在透辉石夕卡岩带中,见早世代的粗粒透辉石被晚世代的细粒透辉石部分交代。

在靠近碳酸盐岩一侧的透辉石夕卡岩带中有大量磁铁矿和硫化物存在。在磁铁矿处,辉石变粗。还见细的方解石脉穿入夕卡岩。在团城铁矿床,个别石榴子石具有环带构造,石榴子石中有辉石存在。石榴子石和辉石均有两个世代,较晚生成的石榴子石呈脉状,较晚形成的细粒辉石叠加在粗粒辉石之上。辉石常被绿泥石交代。

尽管夕卡岩化以后的蚀变作用种类较多,分布广泛,但不强烈。夕卡岩的主要成分仍是夕卡岩矿物(早阶段形成的)。夕卡岩的化学成分资料(见表 7.6)显示,在蔡村,靠近岩



表7.6 邯邢铁矿田夕卡岩化学成分分析结果(wt%)

矿区	氧化物 标本号															合计
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	
寨 村	80-22	36.14	0.32	12.14	16.12	1.14	0.36	0.85	27.15	0.48	1.08	1.05	0.63	0.11	2.31	99.88
	80-23-1	32.90	0.08	8.34	18.41	0.89	0.41	0.25	32.40	0.21	0.03	0.52	0.33	0.04	5.44	100.25
	80-23-2	40.12	0.12	7.02	13.58	0.77	0.40	5.16	29.80	0.32	0.03	0.28	0.28	0.11	2.54	100.53
	80-23-3	43.52	0.28	0.58	0.13	4.26	0.29	8.80	26.49	0.79	0.12	1.14	0.81	0.33	3.09	100.63
	80-23-4	39.52	0.08	1.97	19.33	3.45	0.15	7.15	21.76	0.43	0.03	1.34	1.53	0.08	2.86	99.68
	80-23-5	35.58	0.06	1.76	18.03	2.43	0.08	19.38	17.13	0.33	0.05	1.80	1.38	0.06	1.53	99.60
	80-23-6	35.12	0.17	3.04	8.37	0.55	0.22	8.95	26.97	0.34	0.05	1.52	0.84	0.06	13.66	99.86
符 山	80-44	29.14	0.06	0.46	53.68	7.46	0.12	9.30	5.20	0.08	0.04	1.08	0.53	0.07	1.52	99.74
	80-47	23.90	0.06	0.29	39.42	16.49	0.15	8.60	7.85	0.21	0.09	0.64	0.71	0.43	0.48	99.32
团 城	80-69	40.50	0.29	11.7	4.70	2.36	0.22	4.78	24.80	1.08	0.91	1.26	1.21	0.23	5.66	99.71
	80-70	29.88	0.12	2.04	18.05	5.44	0.16	8.41	23.37	0.32	0.04	0.87	0.59	0.08	0.52	99.89
矿山村	80-8	36.68	0.14	4.33	15.58	2.28	0.44	3.87	31.10	0.24	0.06	0.04	0.01	0.32	5.41	100.50
五家子	80-16	41.32	0.30	5.59	7.63	4.12	0.20	15.06	18.70	0.39	0.77	0.02	0.01	0.19	5.89	100.19

由张宏瑞和邵如柏分析。

体一侧的夕卡岩富含  $Al_2O_3$  (除 80-23-3 和 80-23-6 有些例外), 夕卡岩的  $Al_2O_3$  含量随远离岩体而递次减少。在靠近灰岩一侧, 夕卡岩富含  $MgO$ 。这与前面所列的各夕卡岩带矿物成分及其含量资料相符。

在邯邢铁矿田中的夕卡岩含  $TiO_2$ 、 $Na_2O$  和  $K_2O$  较低, 含  $MnO$  及  $MgO$  较高。除符山铁矿床夕卡岩贫  $Al_2O_3$  外, 其它矿床夕卡岩的化学成分基本相似。

夕卡岩中微量元素和铀钍含量分析结果列入表 7.7 中。为了对比方便, 我们在表中还列入了岩体和围岩中相应元素的含量。

从微量元素分析结果看, 夕卡岩中的微量元素种类及含量与岩体和碳酸盐岩的情况相似, 热液也带入少量微量元素 (如  $Zn$ ) 进入夕卡岩。各闪长岩所含微量元素情况大体相似。除矿山村外, 碳酸盐岩含微量元素种类极少, 只含有  $Pb$  和  $Zn$ 。寨村的闪长岩不含  $Pb$ 、 $Zn$ , 但灰岩含  $Pb$ 。各夕卡岩带都含  $Cr$  和  $V_2O_5$ , 但远离岩体的夕卡岩中,  $Cr$  和  $V_2O_5$  含量更低。只在远离岩体的夕卡岩中才普遍含  $Co$ 、 $Ni$  和  $Cu$ 。这表明, 它们的活动性比  $Cr$  和  $V$  大。团城的夕卡岩只含  $Cr$ 、 $V$ 、 $Co$ 、 $Ni$ , 不含  $Cu$ 、 $Pb$  和  $Zn$ 。符山闪长岩不含  $Co$  和  $Ni$ 。在寨村, 由闪长岩至灰岩方向, 远离岩体的夕卡岩带中,  $Th/U$  比值明显增大。这表明, 在夕卡岩化过程中,  $Th$  比  $U$  活动性更大。

此外, 寨村夕卡岩的稀土元素含量较高, 如 80-23-1 108ppm,  $Re_2O_3$ , 80-23-3 70ppm; 80-23-3 的夕卡岩还含  $Sc_2O_3$  10.2ppm。

硫同位素组成分析资料表明 (表 7.8), 硫主要来源于围岩, 这与本区中奥陶统中有石膏层存在有关。

寨村和矿山村矿物包裹体成分分析结果列入表 7.9 中。由分析结果看, 寨村和矿山村的矿物包裹体成分差别甚大。寨村铁矿区的成矿流体为混合岩浆水流体, 而矿山村的

表7.7 邯邢矿田闪长岩、碳酸盐岩及夕卡岩微量元素和 U、Th 分析结果

矿 区	标本号	岩石名称	Cr	V O <sub>5</sub>	Co	Ni	Cu	Pb	Zn	U	Th	Th/U
寨 村	80-20	闪长岩	0.003	0.018	—	痕	—	—	—	0.00016	0.00029	1.81
	80-26	闪长岩	0.017	0.008	0.001	0.011	0.003	—	—	<0.00005	0.00005	>1.0
	80-22	夕卡岩	0.001	0.011	—	—	—	0.002	—	0.00010	<0.00005	<0.5
	80-23-1	夕卡岩	0.003	0.007	—	0.001	—	—	—	0.00025	0.00024	0.96
	80-23-2	夕卡岩	0.001	0.016	—	—	—	—	—	0.00019	0.00006	0.32
	80-23-3	夕卡岩	0.001	0.017	—	—	—	0.002	0.004	0.00019	0.00018	0.95
	80-23-4	夕卡岩	0.001	0.009	0.001	0.002	0.162	0.003	—	<0.00005	0.00011	>2.2
	80-23-5	夕卡岩	0.001	0.002	0.059	—	—	0.007	—	<0.00005	0.00012	>2.4
	80-23-6	夕卡岩	痕	0.001	0.004	0.002	—	—	—	<0.00005	0.00019	>3.8
	80-28	灰 岩	痕	—	—	痕	—	0.004	—	0.00007	0.00006	0.86
符 山	80-29	灰 岩	—	—	—	—	—	0.004	—	—	—	—
	80-37	闪长岩	0.004	0.016	0.001	0.001	—	0.002	0.005	0.00012	0.00023	1.62
	80-47	夕卡岩	0.002	0.002	0.004	0.001	—	0.003	0.004	<0.00005	0.00008	>1.6
团 城	80-54	灰 岩	0.002	0.001	—	痕	—	0.003	0.002	—	—	—
	80-69	夕卡岩	0.015	0.010	痕	0.004	—	—	—	0.00028	0.00027	0.96
矿 山 村	80-70	夕卡岩	0.002	0.004	0.002	0.001	—	—	—	<0.00005	0.00027	>0.54
	80-2	灰 岩	—	痕	—	痕	—	0.008	0.005	—	—	—
	80-12	闪长岩	0.002	0.009	—	—	—	0.002	0.007	0.00043	0.00019	0.44
	80-14	闪长岩	0.002	0.008	—	—	—	—	—	—	—	—
五家子	80-8	夕卡岩	0.001	0.044	—	—	—	0.002	—	—	—	—
	80-16		0.003	0.011	0.003	0.002	—	0.002	0.002	0.00012	0.00045	3.75

由江成忠、曾世光(微量元素)、彭金莲(U、Th)分析。

表7.8 邯邢矿田硫同位素组成分析结果

矿 区	标 本 号	测定对象	$\delta^{34}\text{S}\%$	产 状
寨 村	80-23	FeS <sub>2</sub>	15.78	矿体上盘透辉石夕卡岩
	80-57	FeS <sub>2</sub>	8.39	4号矿体
	80-63	FeS <sub>2</sub>	13.72	2号矿体井下1213采场透辉石-石榴子石夕卡岩
寨 村	80-S <sub>111</sub>	FeS <sub>2</sub>	17.15	
	80-S <sub>111</sub>	FeS <sub>2</sub>	7.43	
	80-S <sub>111</sub>	FeS <sub>2</sub>	10.12	
	80-S <sub>113</sub>	FeS <sub>2</sub>	18.06	

由中国科学院地球化学研究所同位素地球化学研究室分析。

成矿流体则以雨水成分为主。矿山村的磁铁矿包裹体含水很多,其它离子的含量很低。相反,寨村的磁铁矿具有较高含量的阳离子和阴离子及大量 CO<sub>2</sub> 气体的特点。寨村石榴子石与磁铁矿的包裹体成分也有较大区别。除 Fe、Cl 和 Mg 外,在石榴子石中的阴离子含量普遍比磁铁矿高。相反,磁铁矿包裹体中 CO<sub>2</sub> 气体和 H<sub>2</sub>O 的含量比石榴子石的高。石榴子石包裹体中的  $\delta\text{D}\%$  值比磁铁矿的大,更具有岩浆流体性质。这些资料表明,从夕卡岩化阶段到磁铁矿化阶段,流体被稀释。这种流体稀释作用可能由于流体的沸腾或者被天水冲稀。在磁铁矿化阶段,流体更富含 Fe、Mg、Cl、CO<sub>2</sub> 气体和 H<sub>2</sub>O。

表7.9 莱村和矿山村矿物包裹体成分(500℃)

矿 区	测定对象	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	K	Na	Ca	Mg	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	δD‰
		(mg)	(× 10 <sup>3</sup> ppm)								(ppm/ml)	
莱村	石榴石	21.8	40.3	2.4	7.9	76.1	5.2	44.0	73.4	1.1	0.2	-66.107
莱村	磁铁矿	51.5	大量	2.5	3.4	>55.3	>19.6	57.4	8.2	0.3	25.6	-80.424
矿山村	磁铁矿	230.9	2.0	痕	0.1	0.1	痕	3.0	0.9		0.4	-180.963

由李本超和施继锡分析。

夕卡岩化和钠长石化是在大致相同的物理化学条件下同时形成的,只因蚀变作用的对象不同而产生不同的矿物共生组合。下面就此问题作些讨论。

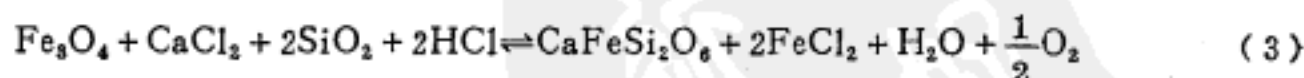
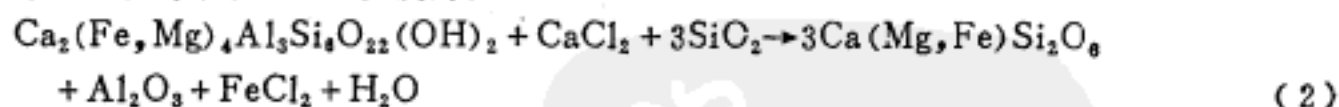
前已述及,在奥陶纪地层中有膏盐层存在。可以设想,当闪长岩岩浆侵入到有含盐石膏夹层的奥陶纪灰岩时,膏盐层的成分可能成为岩浆的组成部分。岩浆凝固后,流体自然比较富含 Na、Ca、Mg 等氯化物。温度下降使流体与已固结的岩体之间失去平衡,因而它们之间定要互相作用,反应生成一系列新的矿物共生组合,以达到新的平衡。闪长岩的主要矿物成分是普通角闪石、斜长石和少量正长石及石英。

显微镜下观察表明,斜长石被钠长石所交代,角闪石被次透辉石交代,石英及磁铁矿消失。根据王玉荣等(1981)关于钙长石+石英与 3mol/L NaCl 溶液互相作用的两次实验( $t = 550^{\circ}\text{C}$ 、 $P = 1200\text{bar}$ 、 $t = 120-145\text{h}$ )资料,钙长石没有变化。这说明



的反应由于平衡常数很小,反应速度很慢,在实验室条件下很难大量生成钠长石。

要使上述反应向右进行,促使钠长石生成和稳定存在,必须使溶解在溶液中的  $\text{CaCl}_2$  消耗。王玉荣等(1981)的实验结果表明,当暗色矿物(角闪石、磁铁矿和黑云母等)存在时,除有大量次透辉石生成外,沿钙长石边还生成钠长石。所以,暗色矿物的存在有利于  $\text{CaCl}_2$  的消耗,其可能反应机制为:



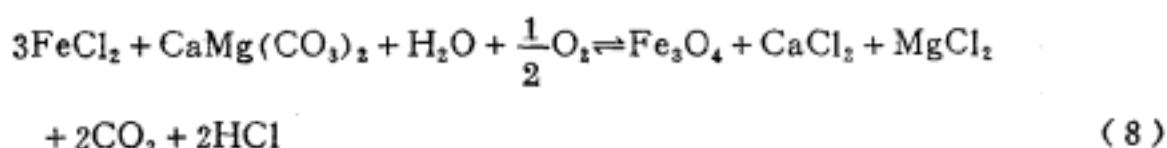
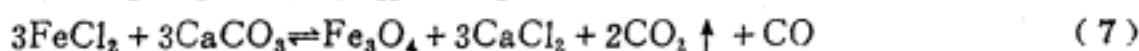
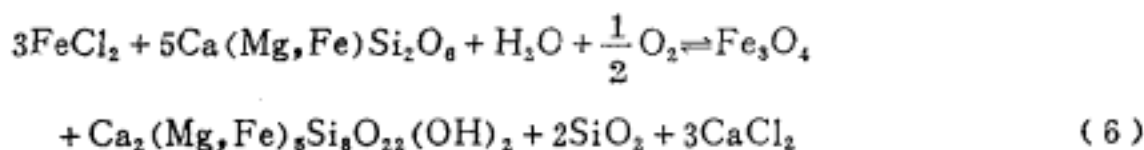
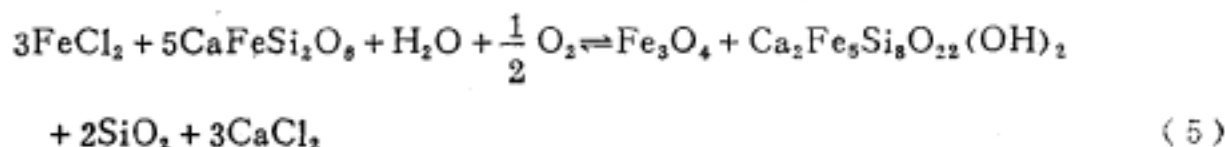
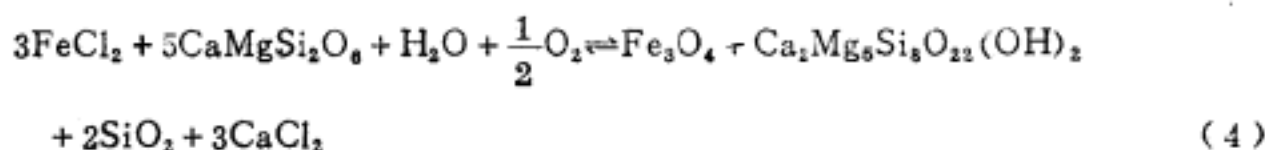
由此可见,钠长石化、夕卡岩化和铁的活化是相伴而生,互相制约的。

在相同温度和压力条件下,这同一富 Na、Ca、Mg 的氯化物溶液与碳酸盐岩互相作用,可以生成大量的不同夕卡岩矿物共生组合,而不生成钠长石。因为在外接触带,碳酸盐岩不含  $\text{Al}_2\text{O}_3$  或含  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的量极微(一是因原来碳酸盐岩较纯,二是因  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的化学惰性而不能大量从闪长岩中被溶液携带到碳酸盐岩中去),没有钠长石生成的物质基础。前面我们已用大量实验资料证明,在 NaCl 等氯化物溶液作用下,硅酸盐和铝硅酸盐与碳酸盐岩反应,可以生成不同夕卡岩矿物共生组合。

富集到热液中的铁以  $\text{FeCl}_2$  存在形式已为国内外许多实验资料所证明。在上述(2)和(3)反应式中均有酸性盐  $\text{FeCl}_2$  生成。 $\text{FeCl}_2$  只能在酸性溶液中才稳定,所以含铁流体呈酸性。外接触带比内接触带温度低。外接触带的碳酸盐岩化学性质活泼,与硅酸盐的反应比较完全,形成的矿物颗粒较粗。与内接触带夕卡岩相比,外接触带夕卡岩结构松



散,孔隙度较大,易脆和微裂隙多。这些因素导致含铁流体从岩体向外接触带运移并在那里沉淀成矿。如果含铁流体运移到夕卡岩带以外的碳酸盐围岩,则在碳酸盐岩中成矿。其形成机制可用下列反应解释:



邯邢式铁矿的成因至今还有争议。争议焦点是钠长石化与夕卡岩化是同时形成还是夕卡岩早于钠长石化。著者认为,夕卡岩化能促使钠长石化反应进行,它们几乎是同时形成的。钠长石化的主要对象是斜长石和石英、夕卡岩化的主要对象为普通角闪石、碳铁矿和石英。岩体被钠长石化后所产生的钙,只有在普通角闪石或碳铁矿(加石英)转变为次透辉石时才能被消耗掉,而且只有夕卡岩化与钠长石化同时发生,溶液中才可能有  $\text{FeCl}_2$  存在。因此,这是一个比较特殊的、具有强烈钠长石化的夕卡岩矿床。

## 二、大冶式铁矿床

大冶铁矿床位于湖北境内,产于淮阳山字型构造前弧西翼的扬子向斜褶皱带中的铁山背斜北翼,与燕山期的褶皱断裂和中浅成的中酸性侵入体有成因关系。夕卡岩产在由花岗闪长岩、石英闪长岩和辉石黑云母闪长岩所组成的铁山侵入体与中下三叠系大冶灰岩层的接触带上。

铁矿体产于铁山岩体南缘中段的夕卡岩中。大冶铁矿区包括尖山、象鼻山、龙洞至铁门坎等六个矿段。在大冶铁矿床附近的汪洋、猴子山及铜坑等地,铁矿体产在闪长岩体中,但规模较小。矿区斜切接触带的断裂构造和裂隙较发育,它们伸入闪长岩体内部可达200—300m或更远。

铁山岩体长约26km,宽约6km。它属于中酸性闪长岩-花岗闪长岩。岩体分相明显。中心相为花岗闪长岩,内部过渡相为正长闪长岩、辉石二长岩,边缘相为斑状和粗斑状石英闪长岩、石英闪长岩,局部有辉石黑云母闪长岩。近矿闪长岩的化学成分为(wt%):  $\text{SiO}_2$  57.10,  $\text{TiO}_2$  0.68,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  17.66,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  3.01,  $\text{FeO}$  1.53,  $\text{MnO}$  0.06,  $\text{MgO}$  0.88,  $\text{CaO}$  5.60,  $\text{Na}_2\text{O}$  5.50,  $\text{K}_2\text{O}$  3.62,  $\text{H}_2\text{O}^+$  2.67,  $\text{H}_2\text{O}^-$  0.01,  $\text{P}_2\text{O}_5$  0.34,  $\text{S}$  0.25,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  0.03,  $\text{V}_2\text{O}_5$

0.50, CuO 0.03, ZnO 0.09, 合计 99.56。

显微镜下观察表明, 闪长岩遭受了不同程度的蚀变。蚀变闪长岩中角闪石被大量绿泥石交代, 长石被透辉石交代。长石多具环带构造, 内带模糊, 外带比较干净, 为交代而成的钠长石。有的长石被交代变为椭圆形, 且具钠长石亮边。早期形成的粗粒长石被晚形成的细粒钠长石、石英和透辉石交代得残缺不全。辉石形成之后, 其边上又形成了角闪石或绿泥石。在个别地段(如铁门坎), 闪长岩可以变成由含石榴子石(具微弱环带)、透辉石和少量闪石或由透辉石、绿帘石和少量闪石组成的夕卡岩。在这种夕卡岩中还可见到长石残留。此外, 还有柱石类矿物。石榴子石和透辉石被绿帘石或绿泥石交代。有时绿泥石呈细脉交代石榴子石、辉石和闪石。局部见有少量金云母。方解石细脉和磁铁矿网脉穿入夕卡岩。

大冶闪长岩同位素年龄为 100—156Ma。

矿区三叠系碳酸盐岩(大冶群)成分比较复杂。归纳起来大致可以分为: 下部为薄层泥质灰岩和钙质页岩互层, 中部为中厚层灰岩和少量泥质灰岩互层, 上部为含少量白云质的厚层灰岩, 中夹数层厚达 20—30m 的灰质白云岩。上部碳酸盐岩为矿区主要围岩。在靠近侵入体 2km 左右范围内, 灰岩已大理岩化, 且普遍含有少量金云母、透辉石、硅灰石、石榴子石、镁橄榄石及硅镁石等接触变质矿物。尖山的碳酸盐岩含有生物化石、少量的长石及石英。生物骨核结晶很细, 现已变为含细粒辉石、石英、长石和均匀分布的磁铁矿成分。在尖山矿区见碳酸盐岩中有浅色角砾。显微镜下见角砾含大量石英, 长石、碳酸盐矿物及磁铁矿, 有时还含石榴子石和闪石。在含角砾的灰岩中, 有大量细粒透辉石、少量粗粒石榴子石及符山石存在。象鼻山和龙洞的碳酸盐岩较纯。我们对龙洞的碳酸盐岩做了化学分析(wt%): SiO<sub>2</sub> 2.46, TiO<sub>2</sub> 0.02, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.97, FeO<sub>3</sub> 0.12, FeO 0.14, MnO 0.02, MgO 0.34, CaO 52.25, Na<sub>2</sub>O 0.07, K<sub>2</sub>O 0.51, H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> 0.54, H<sub>2</sub>O<sup>-</sup> 0.18, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.05, CO 41.83, 合计 99.50, CaO/MgO = 153.7, 属比较纯的灰岩(现已变为大理岩)。

矿区夕卡岩比较发育, 内接触带夕卡岩化的情况上已述及。外接触带较宽, 主要为透辉石夕卡岩, 在尖山闪长岩体中之碳酸盐岩捕虏体形成的夕卡岩中, 除了含石榴子石和透辉石外, 还含较多的符山石。夕卡岩的化学成分列入表 7.10 中。

80-76 为含石榴子石灰岩。82-112, 80-113, 80-114, 为闪长岩体中之碳酸盐岩捕虏体形成的夕卡岩, 它们以富 Al 贫 Fe 为特征。铁门坎的夕卡岩则以富 Fe 为特点。

表 7.10 大冶铁矿区夕卡岩化学成分(wt%)

地点	标本号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	合计
尖山	80-76	22.02	0.42	6.63	2.79	0.91	0.05	42.27	1.60	0.24	0.20	0.37	0.19	0.11	22.15	99.95
	80-112	42.04	0.62	12.82	5.99	1.15	0.15	23.60	5.01	1.12	0.33	0.99	0.03	0.17	0.46	99.46
	80-113	39.96	0.74	14.64	5.75	0.40	0.12	27.91	3.23	2.68	0.22	1.95	—	0.04	5.07	100.01
	80-114	43.38	0.56	15.15	6.31	1.11	0.12	23.44	3.58	2.57	0.51	0.41	0.23	0.38	2.44	100.19
铁门坎	80-151	42.86	0.78	8.60	10.09	1.05	0.19	25.05	5.31	0.59	0.56	0.59	0.60	0.10	3.76	100.09
	80-152	34.66	0.17	1.98	27.80	1.68	0.34	26.65	0.55	0.17	0.27	0.36	0.18	0.06	5.68	99.95

分析者: 张宏麟、邵如柏

表7.11 大冶尖山夕卡岩中辉石成分的电子探针分析结果(%)

标本号	CaO	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	合计	Ca	Si	Ti	Mn	Fe <sup>2+</sup>	Mg	Al	合计	Di	Hed	Jo
[以24(O)为基础的阳离子数]																			
80-80	24.92	53.35	0.05	0.12	4.24	15.57	1.00	99.24	3.952	7.895	0.006	0.015	0.525	3.434	0.174	16.00	85.9	13.0	1.2
80-97	24.13	54.15	0.12	0.14	6.39	14.56	0.89	100.37	3.819	8.000	0.013	0.018	0.789	3.206	0.155	16.00	80.2	15.3	4.5
80-111	23.80	51.87	0.53	0.34	7.80	13.23	1.98	99.54	3.826	7.783	0.059	0.043	0.979	2.960	0.350	16.00	74.0	21.7	4.4
80-112	36.20	40.51	0.55	0.18	5.45	0.47	15.25	98.60	6.019	6.287	0.064	0.024	0.707	0.109	2.790	16.00	86.6	13.2	0.2
80-114	24.78	54.38	0.04	0.11	5.15	14.93	0.73	100.13	3.915	8.021	0.005	0.014	0.635	3.283	0.127	16.00	82.1	15.8	2.1
80-115	25.02	54.35	0.02	0.22	4.34	15.24	0.22	99.42	3.973	8.055	0.002	0.027	0.537	3.365	0.039	16.00	84.2	15.2	0.7
80-116	25.75	51.49	0.38	0.09	2.96	15.06	6.00	101.74	3.962	7.393	0.042	0.010	0.356	3.222	1.016	16.00	80.6	18.5	1.0
80-116	22.08	51.60	0.05	0.28	14.49	9.04	0.11	97.65	3.739	8.154	0.006	0.038	1.915	2.128	0.021	16.00	53.2	40.3	6.5
80-117	25.49	49.85	0.42	0.11	4.13	14.00	5.97	99.98	4.011	7.323	0.047	0.014	0.502	3.064	1.033	16.00	76.6	23.7	0.3
80-118	22.58	52.22	0.53	0.40	7.29	13.80	1.58	98.41	3.663	7.906	0.060	0.051	0.923	3.114	0.283	16.00	77.9	13.7	8.4
80-120	25.57	53.06	0.22	0.13	2.53	16.09	1.35	98.93	4.044	7.831	0.024	0.016	0.312	3.539	0.234	16.00	88.5	12.6	1.1

由Barton, M.D. 分析。

表7.12 大冶尖山石榴子石成分电子探针分析结果(%)

标本号	CaO	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	合计	Ca	Si	Ti	Mn	Fe	Mg	Al	合计	And	Gr	(Alm+Sps+Pyr)
[以24(O)为基础的阳离子数]																			
80-76	34.98	36.08	2.61	0.10	3.57	2.44	15.77	95.54	5.949	5.726	0.311	0.013	0.473	0.577	2.951	16.00	18.5	80.7	0.9
80-76	35.72	39.27	0.72	0.19	7.77	0.44	17.33	101.45	5.787	5.937	0.082	0.025	0.982	0.099	3.089	16.00	20.7	75.7	3.6
80-80	32.50	35.54	1.14	0.37	20.33	0.17	6.18	96.24	5.799	5.918	0.143	0.053	2.831	0.043	1.214	16.00	66.1	30.6	3.4
80-87	33.02	35.56	0.93	0.36	20.88	0.13	6.13	97.02	5.846	5.876	0.115	0.051	2.886	0.031	1.195	16.00	67.3	30.2	2.6
80-90	34.89	37.49	1.43	0.23	9.01	0.39	15.13	98.57	5.859	5.875	0.168	0.031	1.181	0.090	2.796	16.00	25.9	72.9	1.2
80-111	35.39	38.31	1.42	0.22	9.54	0.37	15.18	100.44	5.839	5.899	0.165	0.029	1.229	0.084	2.755	16.00	27.0	70.3	2.7
80-112	35.01	38.18	1.82	0.17	7.42	0.54	15.16	98.30	5.880	5.984	0.215	0.023	0.973	0.126	2.801	16.00	24.6	73.4	2.0
80-113	35.49	36.28	3.52	0.06	2.71	2.80	15.51	96.38	5.981	5.706	0.416	0.008	0.356	0.657	2.875	16.00	17.7	82.0	0.3
80-114	35.66	39.40	0.69	0.20	6.01	0.40	18.42	100.78	5.738	5.968	0.079	0.026	0.761	0.090	3.289	16.00	15.8	80.7	3.5
80-115	34.25	35.67	2.33	0.08	3.31	2.64	15.18	93.46	5.945	5.777	0.284	0.011	0.448	0.637	2.898	16.00	20.5	78.6	0.9
80-116	36.43	38.76	0.66	0.16	5.43	0.05	18.82	100.32	5.935	5.894	0.075	0.021	0.691	0.011	3.374	16.00	13.8	85.1	1.1
80-117	34.27	35.82	3.03	0.09	3.18	2.66	14.90	93.95	5.929	5.784	0.368	0.012	0.430	0.641	2.837	16.00	19.9	78.9	1.2
80-118	35.88	38.80	1.33	0.16	7.10	0.46	16.96	100.69	5.858	5.913	0.153	0.021	0.904	0.105	3.046	16.00	23.3	74.3	2.4
80-120	33.54	36.58	1.06	0.32	19.32	0.12	7.51	98.45	5.821	5.825	0.129	0.044	2.618	0.028	1.435	16.00	60.9	36.1	3.0

由Barton, M.D. 分析。

表7.11和表7.12说明:80-76为含夕卡岩矿物的条带状大理岩;80-80和80-87为夕卡岩化条带状铁矿物;80-90为石榴子石-透辉石夕卡岩;80-96为含石榴子石和符山石的角闪状大理岩;80-111至80-116为透辉石-符山石-透辉石-石榴子石夕卡岩;80-117为夕卡岩化大理岩;80-118和80-120为石榴子石-透辉石夕卡岩。

夕卡岩中的石榴子石及辉石成分电子探针分析结果列入表 7.12 和表 7.11 中。除了在条带状铁矿石和 80-120 中的石榴子石富含钙铁榴石(And)分子外,夕卡岩和碳酸盐岩中的石榴子石均以富含钙铝榴石(Gr)分子(70.3—85.1mol%)为特征。石榴子石中铁铝榴石-锰铝榴石-镁铝榴石(Alm-Sps-Pyr) 分子含量低(0.4—3.6mol%)。大冶尖山的辉石富含透辉石(Di) 分子(53.2—86.6mol%), 绝大部分辉石中 Di 含量占 74.0—86.6 mol%。钙铁辉石(Hed)分子含量占 12.6—40.3mol%, 锰钙辉石(Jo) 含量占 0.2—8.4 mol%。所以,该矿区石榴子石为含(Alm + Sps + Pyr)分子<3.6mol% 的钙铁榴石-钙铝榴石固溶体系列;辉石为锰钙辉石分子含量<8.4mol% 的钙铁辉石-透辉石固溶体系列。石榴子石和辉石的成分反映了夕卡岩的化学成分特点。富含钙铝榴石分子的夕卡岩含较高的  $Al_2O_3$ , 反之,富含钙铁榴石分子的石榴子石夕卡岩则含 Fe 高。

大冶矿区岩石中微量元素分析结果(表 7.13)表明,闪长岩含 Cu 较高,不含 Zn;灰岩只含 Pb、Zn 或 Pb;夕卡岩和夕卡岩化岩石含有闪长岩和大理岩两者所具有的相应微量元素。在尖山,除了夕卡岩不含 Co 外,闪长岩和大理岩中的其它微量元素都有,且含 Cu 较高。与闪长岩和大理岩相比,夕卡岩中的 Th/U 比值普遍降低。

夕卡岩稀土元素组成特点为:稀土元素总量  $RE_2O_3$  376ppm(80-112), 388ppm(80-114), 20ppm(80-151)。我们对 80-114 样品还进行了稀土元素分量测定,结果如下(ppm)\*:

La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
60.85	150.99	14.42	44.91	5.39	1.75	5.59	探测线以下
260.80	175.58	120.15	74.84	28.39	24.59	21.60	
Er	Tm		Dy	Yb	Y	总量	
0.71	探测线以下		1.97	0.66	15.06	222.51	
3.38			6.15	3.30	7.69		

\* 第 1 行值为稀土元素金属含量,第 2 行值为球粒陨石标准化后的值。

轻稀土元素 LREE 含量为 298.31ppm,重稀土元素 HREE 含量为 8.93ppm (不包括 Y 在内)。轻重稀土总量的相对富集度  $LREE/HREE = 33.41$ ,稀土元素分布模式为极富轻稀土向右陡倾斜的曲线,无铈异常。

此外,我们还作了钪含量的检查,其结果为  $Sc_2O_3$  4.0ppm(80-112) 和 5.3ppm (80-151)。相对来说,该区夕卡岩中钪含量较低。

矿体沿闪长岩与白云质灰岩的接触带展布,主要赋存在透辉石夕卡岩和含铁金云母透辉石夕卡岩中。产状随接触带形态而变,除龙洞矿体向南倾斜和尖林山矿体呈平卧状外,矿体均向北倾斜。在平面上,矿体沿北西西-南东东向接触带,呈“尖灭侧现”形式,连续长达 5000m(见图 7.5)。

矿体形态变化很大,呈似层状或透镜状,仅东端尖山灰岩捕虏体成矿的铁矿体为团块状。矿体延深多在 100 至 300m 之间,最深可达 400m 以上,矿体厚度 30—80m,局部可达 120m。矿体在深部产状如图 7.6 所示。