

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

河北一个矽卡岩型矿床的含矿变质带

高 凡 罗 鹏 来

一、地质概况与侵入体的岩石特征

本区位于燕山准地槽端部。燕山期火成活动的结果,生成大面积的花岗岩岩基。而在花岗岩体的侵入与后期的热液作用下,生成了各种金属与非金属矿床,并使接近花岗岩的围岩产生广泛的蚀变现象。本文所研究的含矿变质带就是此侵入体与围岩——震旦纪白云岩接触带上的产物(图1)。现就区内地层、构造、岩浆岩各项分述如下:

1. 地层

本区内出露的地层简单,震旦系出露于花岗岩体之南。震旦系下部为薄层大理岩,灰白—灰黑色;中部为灰白色厚层状白云大理岩与白云岩,以及厚层和薄层白云岩的互层,并夹少量泥质灰岩,其中常含扁豆状结核,结核抵抗风化力量较强,在断面上时常突出呈扁豆体状;上部为硅质白云岩,含硅质条带,岩质较细。在区内可见厚度约200米。由于花岗岩体的侵入,下部及中部地层受热力变质影响,结晶变粗,多已大理岩化,有时并生成新矿物,如透闪石、橄榄石等。上部白云质灰岩及硅质白云岩,颗粒渐变细,说明受热力变质的影响已经微弱。

第四纪冲积层,分布于区内低洼处和较宽的谷中。

2. 地质构造

矿区构造,主要是由震旦纪白云岩组成一个背斜构造。在背斜轴部出现花岗岩。本区居背斜南翼,岩层向南西方向倾斜,无褶曲变化时,一般倾角为 20° 左右。在矿区东部,白云大理岩形成一个向北倒转的背斜构造,轴向北西—南东,向南东方向倾伏,北翼倾角 60° — 70° ,南翼倾斜平缓, 20° — 30° 。在矿区西部的背斜构造,轴向北西西—南东东。在13—14行(图1)之间,背斜构造北翼,褶曲剧烈,岩层破碎,花岗岩体沿破碎裂隙侵入,局部白云大理岩形成小的下垂顶板。在本区西端(17行以西),背斜构造的北部岩层,复经剧烈褶皱,形成一个小的向斜构造。

3. 岩浆岩

侵入岩:区内侵入体以花岗岩为主,分布于北部。节理发育,多呈北东 25° — 50° 与北西 65° — 40° ,沿节理方向常有酸性—中性岩脉侵入。这些岩脉也广泛地贯入围岩的裂隙中。本区内的侵入体为中粒至粗粒状,具斑状结构。巨大斑晶多为肉红色钾长石,直径可达1厘米。白色斜长石一般呈不规则状。镜下观察,主要组成矿物为石英、钾长石(以微斜长石为主)、奥长石,暗色矿物有普通角闪石和黑云母。微斜长石常构成巨大斑晶,有时具有石英包体,偶尔边缘变为斜长石。奥长石自形程度较好,有绢云母化现象,且具环带状构造。石英则呈他形充填状。黑云母有时被少量绿泥石取代。此外,磁铁矿、榍石、磷灰石等均含量很少。

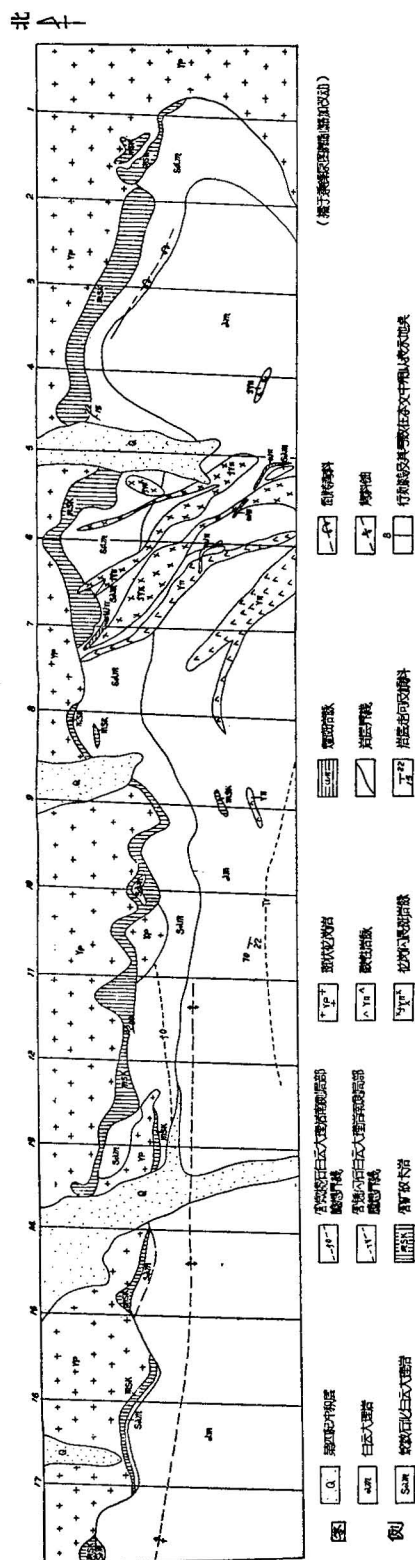


图 1 研究区地质略图

表 2 斑状花岗岩的化学成分

样 品 号	地 点	SiO ₂	CO ₂	FeO	H ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	Mn*	Ti*
B 87	东部 4 行	69.22	0.53	1.37	0.26	2.03	1.51	3.23	15.51	0.049	3.10	3.65	0.01	0.01
B 92	中部 8 行	69.38	0.65	1.46	0.25	1.94	1.57	3.28	15.34	0.060	3.10	3.65	0.03	0.20
B 139	西部 14 行	69.64	0.58	1.65	0.13	2.06	1.66	3.38	18.04	0.018	3.30	3.60	0.03	0.10

* 为光谱半定量。

测量了两个在不同地点采取的花岗岩的主要矿物体积百分比,数据列入表1之内。

表1 花岗岩的主要矿物体积百分比

	石 英	钾长石	奥长石	角闪石	黑云母	副矿物 (磁铁矿、榍石等)
斑状花岗岩 B 87	24.24	42.71	24.67	4.67	1.97	1.74
砂卡岩化花岗岩 B 140	17.60	41.62	23.99	13.14	1.06	2.59

兹将 B87 斑状花岗岩按尤翰生分类方法计算如下:

石英	24.24 = 26.46
钾长石	42.71 = 46.62 = 63.39
奥长石	24.67 = 26.92 = 36.61
长英成分	91.62 100.00 100.00
普通角闪石	4.67
黑云母	1.97
副矿物(磁铁矿、榍石、磷灰石)	1.74
暗色成分	8.38

表3 花岗岩的岩石化学参数(按查瓦里茨基)

氧化物	重量%	分子数
SiO ₂	69.22	1154
Ti*	0.01	—
Al ₂ O ₃	15.51	152 - 89 = 63 - 36 = 27 × 2 = 54
Fe ₂ O ₃	3.23	20 × 2 = 40
FeO	1.37	19
Mn*	0.01	—
MgO	1.51	38
CaO	2.03	36
Na ₂ O	3.10	50
K ₂ O	3.65	39
P ₂ O ₅	0.049	
H ₂ O	0.26	
CO ₂	0.53	
	100.48	

* 为光谱半定量。

A = 178	a = 11.7	$a' = \frac{54}{151} \times 100 = 35$
C = 36	c = 2.4	$f' = \frac{59}{151} \times 100 = 39$
B = 151	b = 10.0	$m' = \frac{38}{151} \times 100 = 25$
S = 1154	s = 75.9	$n' = \frac{2 \times 50}{178} \times 100 = 56$
1519	100.0	

属2科、2类、6族,即为花岗岩。可以符号226P代表。

选取距离变质带稍远的未变质的花岗岩三个样品(取自区内侵入体的东部、中部和西部),作了化学分析,结果列为表2、3。

根据计算结果与一般黑云母角闪花岗岩相当。大致相当于卢奇茨基分类次序排列的第43号花岗岩,与上面按矿物计算的结果一致。

脉岩:脉岩在区内除存在于前述花岗岩侵入体中以外,还更广泛地贯穿于围岩内,一般多为酸性—中性岩脉,种类较为复杂,有石英斑岩、砂卡岩化花岗岩长斑岩、石英二长斑岩、淡色微晶花岗岩、煌斑岩等等。岩脉走向多北西—南东方向,次为北东—南西方向,偶见近于东西向者,一般延长几十米到二百米不等。岩脉延长方向常与岩层节理的主要方向一致。

二、含矿变质带的划分与分布

侵入体与白云岩接触,产生宽广的带状变质带。有用金属矿物即孕育其中。这种带状分布在区内大致有一定的规律。按变质作用的性质与矿物的不同组合,我们试将含矿变质带作如下的划分。

1. 斑状花岗岩(未经蚀变)。

2. 矽卡岩化花岗岩带(即内变质带)。岩浆熔融同化一部分围岩,使之钙质加多,产生多量阳起石—透闪石。有时由于花岗岩边缘的 SiO_2 外移,则生成无石英的二长岩或闪长岩等[图 2(3、4)]。此带宽度不等且不规律,一般宽 2—3 米。

3. 矿化矽卡岩带(即外变质带)。这是岩浆侵入后与围岩接触交代的产物,绝大部分生于花岗岩与围岩之间(图 1),少数的位于花岗岩体边缘或远离接触界限 50—60 米之围岩内。依主要矿物的不同,可分为两个亚带。

(1) 石榴石矽卡岩亚带:主要组成矿物为淡褐——棕褐色钙铁榴石,常含透辉石等矿物。

(2) 透辉透闪矽卡岩亚带:主要由透辉石、透闪石组成。

二亚带往往是互相消长,非绝对并存。同时存在时,二者出现次序也不固定。

4. 蛇纹石化含橄榄石白云大理岩带。蛇纹石化现象,在本矿区极为广泛,但含橄榄石白云大理岩带则仅见于西部,居于矽卡岩带之外,厚 20 余米,有时也作残余体出现,夹于矿化带地段之中。

5. 含透闪石白云大理岩带。含白色透闪石,一般分散于白云大理岩之内,在密集处呈放射状。此带厚度约 50 米至 100 米不等。

6. 白云大理岩带。此带未见透闪石及其它变质矿物,只有重结晶现象。岩石多呈白色—灰白色糖粒状。厚度 30—40 米。就化学分析看,本段含 SiO_2 很少(表 4 第 9 行),接近纯白云岩。

7. 白云岩与含硅质白云岩。变质现象至本层已变弱,以至全部消失。

分带大致如此,而各带不仅厚度变化幅度很大,空间上有互相消长现象,且各带变质作用在时间上也不只一次。如蛇纹石化在空间上波及极广,横跨数带,而矽卡岩带表现为多期性的矿化与多期性的变质和蚀变。由于各期的产物加迭或超复,使各带具有各种复杂的矿物组合,同时暗示着经过不同温度的发展过程。

我们研究了区内上述各变质带复杂的矿物组合,对主要变质作用和矿化过程有某些理解。现在从成因上,按时间的先后顺序,就以下四方面依次加以探讨:1) 接触变质(热力变质);2) 接触交代变质;3) 蛇纹石化作用;4) 含矿热液蚀变作用。

三、接触变质(热力变质)

包括含橄榄石白云大理岩带与含透闪石白云大理岩带,也包括未见变质矿物的白云大理岩带,共宽 100—150 米。以侵入体为中心,含橄榄石白云大理岩带距离侵入体近,其它二带依次渐远。就变质性质讲,主要是热力变质作用所造成,表现普遍的重结晶作用和局部化学再组合作用,但无外界物质进入参加反应。而离侵入体较近部分,广泛地产生蛇

表 4 矿区变质带岩石分析资料

1—9 行为各带岩石化学分析; 10—14 行为砂卡岩化过程中组分的加入(+)和带出(-)。

(以克/100 立方厘米计)

组分	1		2		3		4		5	6	7		8	9		10	11	12	13	14	
	重量 %	g/100cc	重量 %	g/100cc	重量 %	g/100cc	重量 %	g/100cc	重量 %	重量 %	重量 %	g/100cc	重量 %	重量 %	g/100cc		1→2	1→3	1→4	9→4	7→4
SiO ₂	69.38	187.3	68.7	186.1	63.64	174.2	36.43	132.6	51.54	58.26	4.60	13.1	12.35	0.92	2.7	SiO ₂	-1.2	-13.1	-54.7	+129.9	+119.5
Ti*	0.2	—	0.1	—	0.2	—	0.01	—	0.01	0.01	0.001	—	0.00	0.01	—	Ti	—	—	—	—	—
Al ₂ O ₃	15.34	41.4	16.08	43.5	16.98	47.0	10.18	37.0	1.58	1.03	0.26	0.7	0.34	0.32	0.9	Al ₂ O ₃	+2.1	+5.6	-4.4	+36.1	+36.3
Fe ₂ O ₃	3.28	9.8	2.48	6.7	2.78	7.6	24.98	90.8	4.48	10.48	0.08	0.2	0.78	0.08	0.2	Fe ₂ O ₃	-2.2	-1.3	+81.9	+90.6	+90.6
FeO	1.46	3.9	0.95	2.6	0.55	1.5	1.41	5.1	1.58	0.76	0.14	0.4	0.33	0.08	0.2	FeO	-1.3	-2.4	+2.2	+4.9	+4.7
MgO	1.57	4.2	1.35	3.7	3.10	8.6	2.24	8.1	19.09	17.23	21.02	60.0	19.09	21.92	63.3	MgO	-0.5	+4.4	+3.9	-55.2	-51.9
Mn*	0.03	—	0.02	0.1	0.04	0.1	0.40	1.5	0.2	0.7	0.05	0.1	0.2	0.02	0.1	Mn	—	—	—	—	—
CaO	1.94	5.2	3.12	8.5	4.94	13.4	22.80	83.0	20.55	10.12	30.55	87.3	28.66	29.86	86.3	CaO	+3.3	+8.2	+77.8	-3.3	-4.3
Na ₂ O	3.10	8.4	3.60	9.8	3.50	9.7	0.00	—	0.10	0.40	0.00	—	0.00	0.00	—	Na ₂ O	+1.4	+1.3	-8.4	—	—
K ₂ O	3.65	10.3	3.55	9.7	3.43	9.5	0.05	0.2	0.15	0.18	0.05	0.1	0.05	0.05	0.2	K ₂ O	-0.6	-0.8	-10.1	—	+0.1
CO ₂	0.65	1.8	0.64	1.7	0.81	2.2	2.11	7.7	1.13	1.35	42.58	121.8	38.11	46.11	133.2	CO ₂	-0.1	+0.4	+5.9	-125.5	-114.1
H ₂ O	0.25	—	0.20	—	0.15	—	0.18	—	0.27	0.13	0.15	—	0.12	0.11	—	—	—	—	—	—	—
P ₂ O ₅	0.06	—	0.018	—	0.041	—	0.00	—	0.064	0.03	0.014	—	0.00	0.023	—	—	—	—	—	—	—
Cu*	—	—	—	—	0.005	—	0.002	—	0.006	0.001	0.001	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Zn*	—	—	—	—	—	—	0.10	—	0.1	0.04	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
总 计	100.9	—	100.8	—	100.2	—	100.9	—	100.9	100.72	99.5	—	100.03	99.5	—	—	—	—	—	—	—
比 重	2.7	—	2.71	—	2.77	—	3.64	—	3.24	3.04	2.86	—	—	2.89	—	—	—	—	—	—	—

(1) (B92) 斑状花岗岩 (2) (B44) 轻微蚀变花岗岩 (3) (B57) 砂卡岩化花岗闪长岩 (4) (B13) 榴子砂卡岩 (5) (B97) 透辉砂卡岩
 (6) (B99) 阳起透闪岩 (7) (B53) 橄辉白云大理岩 (8) (B32) 透闪大理岩 (9) (B104) 白云大理岩

* 为光谱半定量。

紋石化,这种蝕变作用,在時間上并不是和上述热力变质作用同时生成的,而是晚期另一种性质的(热液交代的)蝕变作用的超复现象(詳見后)。

普遍的重結晶作用,使原岩結構变粗,有的变为糖粒状。由于原岩(白云岩)含有少量杂质—— SiO_2 ,易引起变质。在不同的温度环境下生成不同的矿物。一般这些矿物在重結晶的大理岩內,呈細小顆粒状均匀分布。可以肯定,这是在新的地质环境下維持化学成分的平衡而产生的围岩內部的变质,并无外来物质的参加。

以侵入体为中心,围岩相距越远,受热力影响越弱。据野外观察,鎂橄欖石生成的温度要高于透閃石生成的温度。这与 N. L. 鮑温早年对硅質灰岩与白云岩的漸进变质作用所作实验研究的结果是一致的。根据他的实验,如大气压力等于零时,鎂橄欖石生成温度在 450°C 以上,透閃石出现于 400°C 以下。并且,特定矿物生成时所需要的温度与压力成正比。本区的变质带是在深度不大的条件下生成的,故发生接触变质时的压力也較低。

含鎂橄欖石白云大理岩为白色中粒状重結晶岩石。鏡下观察,由他形白云石鑲嵌組成,顆粒粗大近等軸状,为重結晶的結果。方解石經染色法証明其含量很少,呈充填状位于白云石顆粒間。这种方解石虽含量不多,但在这类岩石薄片內都可看到,这是退白云石化作用的結果。其所以不多,正由于鎂橄欖石生成量不多。鎂橄欖石,一般晶体細小,均匀分散于白云大理岩內,肉眼不易識出,鏡下无色,呈柱状或顆粒状包于粗粒白云石內,状如海綿,突起高,无解理,二軸(+),平行消光。

含透閃石大理岩,灰色一灰白色,透閃石的集合体略呈放射状附于岩层表面。鏡下观察,透閃石呈柱状或顆粒状出现于白云石顆粒間或包于白云石晶体內。

含橄欖石白云大理岩、含透閃石白云大理岩及仅重結晶的白云大理岩的三个化学分析結果,列于表 4 內 7、8、9 各行。三者含 SiO_2 不高,最高的 12.35%。就成分看,与什維佐夫提出的碳酸盐岩石化学分析数据比較,表 4 內 9 行样品与純白云岩的理論成分相近。薄片染色法証明,其組成矿物几乎全部为白云石。在热力变质作用影响下,則仅有重結晶作用。7 和 8 行样品与含硅質白云岩成分相当。变质后含透閃石、橄欖石不多,这正是因为它们原来含 SiO_2 較少的緣故。

四、接触交代变质

矿化矽卡岩带,位于花崗岩体与围岩的接触部分(图 1)。按照不同的矿物組合,大致可划分两个亚带。

(1) 石榴石矽卡岩亚带: 主要由淡褐色—棕色鈣鉄石榴石組成,是一种岩質坚硬、比重較大的矽卡岩。透輝石—鈣鉄輝石、透閃石、綠帘石、磁鉄矿,含量少,偶見部分或全部絹云母化的斜长石、直閃石与磷灰石等。

各主要矿物特征如下:

鈣鉄石榴石: 顆粒紧密鑲嵌,多为淡褐色、紅褐色,多数具弱重屈折現象,呈环带构造,少数为均質性(照片 1),含少量輝石的石榴石矽卡岩測得的比重为 3.64(表 5 的 4 行),分析 Fe_2O_3 含量达 24.98%,与单体鈣鉄石榴石的数值相近。

透輝石: 鏡下无色,柱状、顆粒状, $\{100\}$ 为双晶面的聚片双晶有时很发育。 $Z \wedge C =$

39° , 二軸晶(+), $n_\beta = 1.664$ 。

透閃石: 柱状至纤维状, 鏡下一般无色, 測 4 个样品折光率 n_β 在 1.619—1.624 之間, $Z \wedge C = 19^\circ$, 二軸晶(-)。

直閃石: 柱状集合体, 鏡下无色, 解理发育。 $n_\beta = 1.630$, 二軸晶(+), 2V 小。

(2) 透輝、透閃矽卡岩亚带: 灰白色—綠色。以透輝石为主, 常有透閃石加入, 有时透閃石呈細脉状穿入, 显然其生成晚于透輝石。在富含透閃石的地段即过渡为透閃石岩。

这二亚带实际在野外出現次第并不一定, 有的地段一亚带可以殘缺, 甚或整个矽卡岩带杳无踪迹。如在 10—11 行之間 [图 2(4)] 靠近侵入体先为石榴石矽卡岩带, 向外为透輝石矽卡岩带。在 12—13 行間 [图 2(6)] 接近侵入体仅見透輝石矽卡岩带, 石榴石矽卡岩带則远离接触綫 30 米以外。4—5 行間 [图 2(2)] 蝕变斑状花崗岩之外, 仅見透輝石矽卡岩带, 而无石榴石矽卡岩带。区内局部围岩与花崗岩接触温度較低时, 則无矽卡岩带之存在, 如在 3 行 [图 2(1)] 仅有矿化含橄欖石大理岩带。

矽卡岩带生成时, 围岩与斑状花崗岩在高温下接触, 不仅蒙受了热力作用, 且吸取了岩浆中分泌的 SiO_2 与鉄質等。这些物质对围岩的組成矿物进行交代, 形成新矿物, 甚至几乎全部形成新矿物集合体。由具重屈折鈣鉄榴石与均質者共生, 可推定其生成温度約在 800°C 。而透輝石之生成, 在 550°C 左右。石榴石矽卡岩带有时比透輝石岩带远于侵入体而生成, 也正說明了在高温下有着交代作用。这种交代作用在野外可清楚地看到是受层理和裂隙控制的。

从矽卡岩带有时远离接触带和接触矿化带中夹有热力变质生成的含橄欖石白云大理岩殘余体来看, 前述含橄欖石与含透閃石白云大理岩带与矽卡岩带的矿物結晶, 大体上是逐漸由外向內发展的。

表 4 是矿区各变质带依次排列的各种岩石的化学分析数据, 可供了解各类岩石化学成分的变化概况。表內 13 行表示原来硅質白云岩或純白云岩在矽卡岩化过程中組分的加入 (+) 和带出 (-)。14 行表示經热力变质的岩石再矽卡岩化过程中組分的加入和带出。上述都是以 100 立方厘米岩石中, 加入或带出的成分以克为单位表示的。不难看出, 在矽卡岩化过程中需要带入大量的 SiO_2 、 Fe_2O_3 和 Al_2O_3 。也不难理解, 这些組分都是由高温熾热液态熔融体在侵入时析出的。

表 4 的 12 行說明, 若是斑状花崗岩全部变为矽卡岩时, 要有大量的 Fe_2O_3 和 CaO 加入, 前者要依賴岩漿本身的分泌, 后者則应取之于围岩; 同时尚有相当量的 SiO_2 移出, 它将参加白云岩矽卡岩化过程中的化学反应。

若接触界綫上的矽卡岩內无殘余体、无殘余矿物存在时, 則不易辨認原为白云岩抑或为花崗岩。但矽卡岩化的和与围岩接触的花崗岩边缘, 由于在高温中的吸收作用, 一部分围岩中的鈣質加入于花崗岩內, 同时一部分 SiO_2 移出, 发生所謂內变质現象。表 4 的 10 行和 11 行就是化学上这些組分迁移的有力証明。从矿物組分和結構上来看, 則表現两种形式: (1) 花崗岩阳起石化, 由斑状結構变为均粒状結構, 顆粒变細, 由于柱状阳起石显著加多, 岩石顏色由粉紅色变为淡綠色至暗綠色。在鏡下, 这种阳起石常集結出現, 晶体边缘常不整齐, 多磷灰石、榍石、磁鉄矿等包体。榍石量增多, 不但作包体出現, 且經常与阳起石伴生。鉀长石多属紋长石, 斜长石以奥长石为主。值得注意的是, 奥长石常出現明

亮的边缘,土化和絹云母化的个体尤为明显(照片2)。在有双晶的个体上,它的消光角比双晶的对称消光角要大一些,在与内部有明显界限时,由貝克綫看,折光率也要高一些,可以說明这些环边的斜长石要比内部奥长石含鈣多些。也可以說明,这是受围岩混染作用过程中吸入鈣质的結果。(2)在不少剖面上,花崗岩的边缘变为二长岩、閃长岩或花崗閃长岩。这是由于接触交代的物质迁移所致。这种现象也存在于其它矿区。如某矿区蚀变带内广泛分布着綠帘石化斜长岩,可与本区花崗岩边缘少 SiO_2 岩石相对比。有人称此种

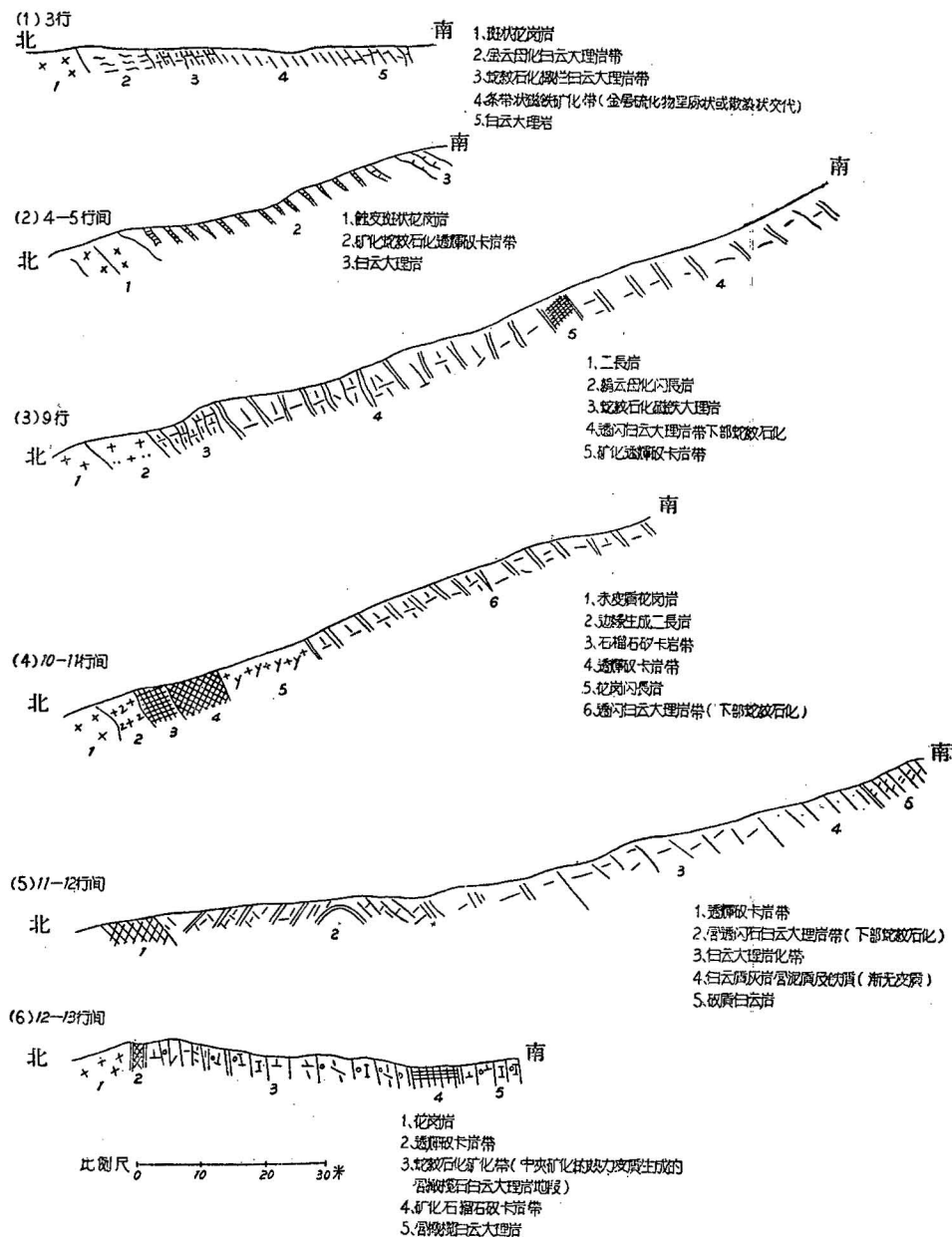


图2 研究区内含矿变质带几个主要剖面示意图

蝕变作用为斜长岩化。

在接触交代作用的同时,随着气体成分的逸出,金云母化作用有所发育。金云母在花崗岩与围岩間矽卡岩带不发育的地段,主要在矿区东端[图 2(1)]交代白云大理岩。見有透輝石为金云母所交代。

金云母的主要特征是:

鏡下无色, $n_B = n_T = 1.574$, $2V \div 0$ 。化学分析結果如表 5。

表 5 金云母的化学成分

样 品 号	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	LoS	F
B72	40.27	1.33	3.55	11.24	1.02	26.10	0.05	5.88	0.014	1.82	6.38	0.27

LoS 为灼烧減量。

少量方柱石(照片 3)仅出現于本区东端的矽卡岩內。这些都說明本区存在着微弱的气成变质作用。

在矽卡岩化的初期,岩漿分泌出較少量的鉄質参加于硅酸盐結晶組合之內。随着温度的降低,涌出大量鉄液,在氧不足的条件下,形成大量磁鉄矿。無論在野外或在鏡下,都可以看到它交代接触变质时期和矽卡岩化时期生成的所有矿物。在野外看到磁鉄矿化主要是受围岩的层理控制。

磁鉄矿: 黑色,致密—粗粒,結晶多为八面体,有时可見平行 {111} 的裂开,除了星散状、細脉状、条带状交代矽卡岩与大理岩外,有时能达到巨大层状的規模。

磁鉄矿之所以能交代矽卡岩及其邻近的白云大理岩,是因为白云岩变为矽卡岩时,体积大为縮小。根据巴瑞尔(Barrel)的測算,体积縮小 30—40%。在一定压力条件下,富含孔穴的岩石,已經給侵入流体开了方便之門。

关于接触交代作用下鉄化合物的进入,是气成作用,还是热液作用,曾有过爭論。若是鉄作为揮发性的氯化物或氟化物进入,則将在生成鉄矿后,要产生許多方柱石与螢石。但本区内所見气成矿物非常有限,故不能想象鉄矿物是在气成作用下生成的。我們认为在矽卡岩化的后期,随着温度的降低,鉄之进入,是在热液作用下进行的。推断磁鉄矿的生成温度略低于 550°C。

五、蛇紋石化作用

蛇紋石化現象,在本区内非常普遍,且显著,不但含透閃石和含橄欖石的白云大理岩遭受了蛇紋石化,矽卡岩带的岩石也同样遭受了蛇紋石化。随着蛇紋石化作用的增強,則变为蛇紋石岩。有灰白、黃綠、浅綠、翠綠、暗綠等色。有时可見摩擦滑面;风化面呈淡褐色,常有微細鱗紋。蛇紋石化透閃石与橄欖石大理岩带由数米到 60—70 米不等(图 1)。在 11 行北第一机台附近,清晰地看到蛇紋石沿白云大理岩裂隙进行交代(图 3)。

無論在野外或室內观察,都能見到蛇紋石交代矽卡岩的現象,而尤以交代磁鉄矿极为常見。图 4 是 12—13 行間剖面上[图 2(6)]蛇紋石化現象。在鏡下,蛇紋石呈纖維状、片状、及部分均质状分布于磁鉄矿顆粒間,有时呈細脉穿插磁鉄矿,有时使磁鉄矿陷于孤島

迭在上述各期形成的矿物组合之上,增加了它们的复杂性。

1. 絹云母化: 出现于矽卡岩内,这种矽卡岩内还有被熔蚀的斜长石残余体(高度矽卡岩化,原岩结构难以辨认的岩石),严重地被絹云母交代,尚伴生有黄铜矿。絹云母均为细小的鳞片状,成集合体出现,油浸测定其折光率 $n_{\beta} = 1.583$ 。

2. 碳酸盐化: 晚期热液的方解石,呈脉状穿切矽卡岩带,是一种普遍的现象。常与黄铜矿、閃鋅矿伴生,交代蛇纹石、磁铁矿。在镜下能看到微细方解石脉横穿磁铁矿晶体,并有时把磁铁矿交代成孤岛状或构成网状构造(照片5)。同时在手标本上见到巨晶閃鋅矿为方解石所切割。

3. 綠泥石化: 在接触交代的后期,綠泥石常与磁铁矿伴生,有时磁铁矿晶体包于结晶完好的綠泥石之内,二者关系密切。而晚期与硫化物伴随的綠泥石化作用,则不明显,只在少量矽卡岩薄片内綠泥石与少量黑云母伴随石榴石、透辉石等矿物出现,同时有絹云母化碳酸盐化作用发生。

4. 硅化作用: 除在与矽卡岩带接近的、矽卡岩化的花岗岩内见有明显的石英穿切外,矽卡岩带上,尚未见明显的硅化作用。

七、矿物生成顺序

本区内的矿物,除正岩浆结晶的矿物和地表风化产生的次生矿物以外,由热力变质、接触交代变质以及含矿热液所生成的矿物颇为复杂。非金属矿物计有:透閃石、鎂橄欖石、鈣鉄石榴石、透輝石—鈣鉄輝石、綠帘石、黝帘石、阳起石、方柱石、金云母、蛇纹石、絹云母、綠泥石、黑云母、方解石、直閃石、石英等。金属矿物计有:磁铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、閃鋅矿、方铅矿等。

在同一时期内,由于温度不同就生成不同的矿物,又由于不同时期里多次生成的矿物在空间上的超复,使各种变质作用下生成的各种矿物的相互关系变为复杂。

热力变质作用影响下生成的透閃石多呈细柱状分散于白云大理岩之内,偶见集合体,出现在层理面上,略呈线状放射状。鎂橄欖石与透閃石一样,呈颗粒状分散于白云大理岩内,在不少岩石薄片内,被后期热液交代,生成蛇纹石的颗粒状橄欖石假象。

在矽卡岩带内常见鈣鉄石榴石与透輝石共生,但有时可以清楚地看到后者被前者穿插零乱,甚或作前者的包体出现。透輝石也被綠帘石穿切,且在周围有时有次生透閃石出现。生于矽卡岩中的透閃石—阳起石要晚于热力变质作用下白云大理岩内的透閃石,它有交代透輝石的现象。磁铁矿是矽卡岩带最常见的矿物,无论在野外或镜下都能见到它交代石榴石岩、透輝石岩和白云大理岩等等,但它又显著地被蛇纹石所交代,且很普遍。纤维蛇纹石(石棉细脉)常呈脉状切穿其它两种蛇纹石。它们除交代磁铁矿外,并见切割和交代輝石、交代鎂橄欖石的现象,广泛地沿白云岩层理和裂隙而入,造成本区普遍的蛇纹石化。金云母常与透閃石共生,也与透輝石共生,透輝石被交代呈孤岛状,而小鳞片状的和纤维状的云母片则可见到填充于透輝石颗粒间。綠泥石常与磁铁矿伴生出现,关系密切,它也穿切白云大理岩,但与磁铁矿有同时受蛇纹石交代的现象。方柱石出现很少,除清楚地见到它被透閃石和磁铁矿穿插外,尚未见到与其它矿物有什么关系。

黄铜矿与閃鋅矿共生,閃鋅矿内有浮滴状黄铜矿存在,二者呈他形结构与方解石一起

冲入磁铁矿与蛇纹石中,并交代了它们。黄铁矿与闪锌矿伴生,或者呈自形存在于闪锌矿之中(照片6)。磁黄铁矿很细小,生于闪锌矿内。方铅矿少量,见于远离矽卡岩带的白云大理岩中,因无伴生矿物,故无法了解与其它矿物的伴生关系。少量磁铁矿生成较晚,呈细脉穿插闪锌矿。

最后,综合本区变质带矿物生成顺序如表6。

表6 含矿变质带矿物生成次序表

主 要 矿 物 生 成 时 期 和 阶 段	純热变质期	接触交代变质期		蛇紋石化期	含矿热液蚀变期
		矽卡岩化阶段	磁铁矿阶段		
透闪石—阳起石	////	////			
鉄橄欖石	////				
方柱石		////			
透輝石—鈣鉄輝石	----	////			
鈣鉄石榴石		////			
綠帘石		////			
黝帘石		////			
金云母		////			
直闪石		////			
磁鉄矿			■	----	■
綠泥石			////	----	////
蛇紋石				////	
磁黄鉄矿				----	■
黄鉄矿					■
閃鋅矿					■
黄銅矿					■
絹云母				----	////
黑云母					////
碳酸盐					----
石 英					----
方鉛矿					■

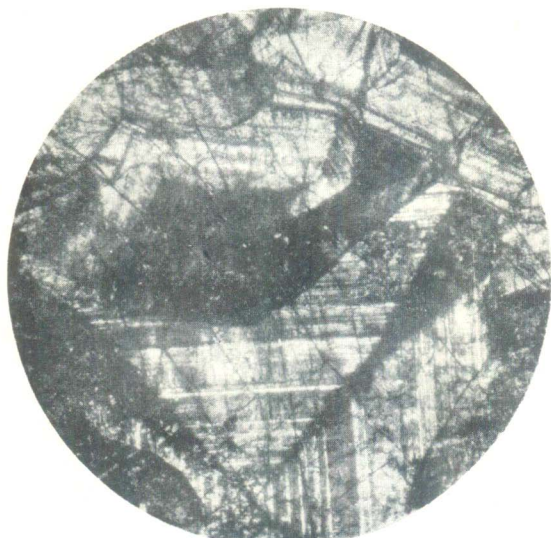
//// 非金屬矿物

■ 金屬矿物

八、結 束 語

1. 围岩性质,是生成接触交代变质矿床与控制围岩蚀变的要素之一。本区变质前的围岩,大致相当含硅质白云岩和硅质白云岩,尚有不含杂质的,相当于纯白云岩。华北前寒武纪灰岩与大理岩含镁质丰富,这种岩石与花岗岩接触生成的矿床及其变质带的规律,应有其一定的普遍性。

2. 蛇纹石化,在这一侵入体边缘各地普遍发育,系围岩富含镁质受热水溶液交代而生成。本区蛇纹岩内含石棉甚微,不具工业价值,但蛇纹石化现象仍不失为在这一侵入体边



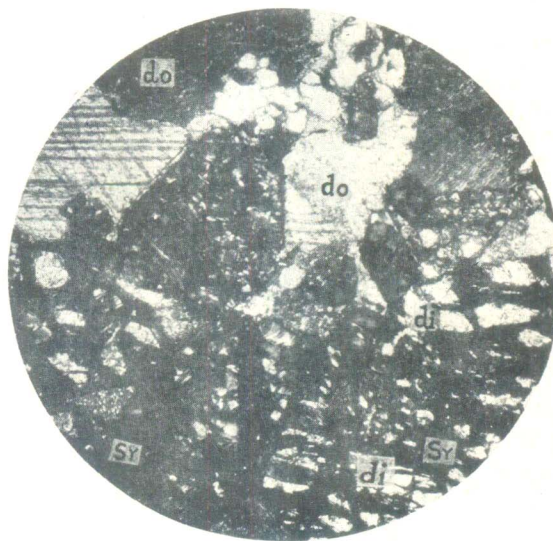
照片 1



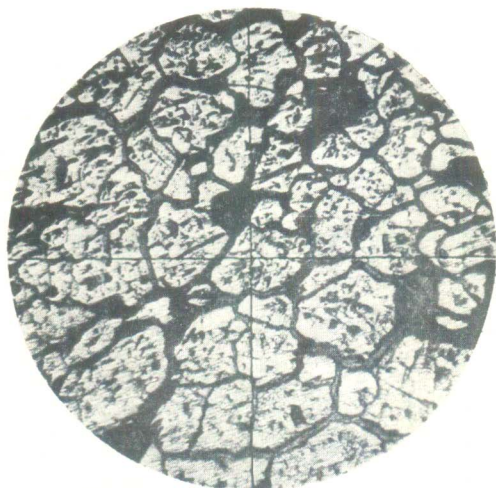
照片 2



照片 3



照片 4



照片 5



照片 6

图 版 說 明

- 照片 1. 砂卡岩中鈣鉄石榴石的明显环带构造。薄片 B43, 正交偏光, $\times 30$ 。
- 照片 2. 蝕变花崗岩中的奥长石边缘包以較基性斜长石的亮边。薄片 B140, 正交偏光, $\times 35$ 。
- 照片 3. 柱状、纖維状透閃石 (Tr) 与粒状磁鉄矿 (M) 穿切巨晶方柱石 (Sc)。薄片 B67, 平行偏光, $\times 20$ 。
- 照片 4. 蛇紋石化透輝白云大理岩, 被蛇紋石 (Sr) 交代而殘留其中的透輝石殘体 (di), 暗示原有的解理紋。do——白云石。薄片 B₂, 正交偏光, $\times 30$ 。
- 照片 5. 磁鉄矿(灰)被方解石(黑灰)充填, 构成网状构造。光片 B16, $\times 20$ 。
- 照片 6. 黄鉄矿(灰白)呈条形分布在閃鋅矿(灰)与透輝石(黑灰)之界限上, 或呈自形包于閃鋅矿之中。光片 B31, $\times 20$ 。

围寻找矽卡岩矿床的标志。

3. Д. С. 柯尔仁斯基曾指出,矽卡岩是金属矿物的有效的沉淀剂,矽卡岩本身则相当脉石一样。但矽卡岩体与矿体不能理解为同义语。我们认为本区的矽卡岩矿床属于“金属矿物比较均匀地分布于矽卡岩中”这一类型。因此,矽卡岩在本区仍然是最好的找矿标志。

4. N. L. 鲍温曾作过若干理论上关于硅质灰岩及白云岩的研究和实验。此次野外观察所见由热力变质生成的含透闪石白云大理岩带与镁橄榄石白云大理岩带次序明显,与其所作的结论是一致的。

* * *

作者等在野外工作时,承蒙朱焕熙、刘学仁等同志给予很多帮助,际此深表谢意。

(收稿日期: 1962 年 10 月)

参 考 文 献

- [1] 王润民 1959 河北省寿王坟地区白云岩的接触变质作用。地质科学第 9 期。
- [2] 卢祖蔭 1920 接触变质岩中石榴子石光性之研究。地质彙报第 2 卷。
- [3] 卡路波娃 E. Д. 1956 蚀变围岩及其找矿意义。'全苏地质研究所彙报,地质出版社。
- [4] 叶良輔 1925 中国接触变质铁矿石区閃长岩的岩相学。中国地质学会志第 4 卷 2 期。
- [5] 刘英俊 1957 河北涞源烟煤洞石棉矿的成因。地质知识第 10 期。
- [6] 沈永和 1953 燧石灰岩的接触变质。地质学报第 33 卷 3 期。
- [7] 李錫之 1958 对安徽銅官山矽卡岩型銅矿的几点认识。地质评论第 18 卷 2 期。
- [8] 卢奇茨基 1956 岩石学(中册)。地质出版社,第 29—43 页。
- [9] 周肖琚 1961 粤东北一个矽卡岩型鉄矿床生成地质环境的初步分析。地质学报第 41 卷 3—4 期,第 408—414 页。
- [10] 孟宪民 1955 矽卡岩找矿意义。地质学报第 35 卷 1 期。
- [11] 侯德封 1935 河北涞源石棉矿调查报告。地质彙报第 25 卷。
- [12] 郭文魁 1957 論安徽銅官山銅矿成因。地质学报第 37 卷 3 期。
- [13] Bowen, N. L. 1940 Progressive metamorphism of siliceous limestone and dolomite. Journ. of Geol. vol. XLVIII, No. 3.
- [14] Harker, A. 1960 Metamorphism. pp. 115—135.
- [15] Ho, T. L. 1936 The granite of Western Hills of Peiping and their metamorphism. Cont. Nat. Res. Geol. Acad. Sinica, No. 5.
- [16] Johannsen, A. 1932 A descriptive Petrography of Igneous rocks. vol. I & II.
- [17] Kenenedy, W. Q. 1959, The formation of diffusion reaction skarn by pure thermal metamorphism. min. mag. vol. 32, No. 244.
- [18] Meng, H. M. & K. Chang 1933 Magnetite deposits of Tung Kuan-Shan, Tangling, Anhui. Cont. Nat. Res. Geol. Acad. Sinica, No. 4.
- [19] Turner, F. T. 1949 Mineralogical and Structural Evolution of the Metamorphic rocks. pp. 109—136.
- [20] Watters, W. A. 1958 Some zoned skarns from granite-marble Contacts near Punyvalador in the Quérigut Area, Eastern Pyreness and their petrogenesis. Min. Mag. vol. XXXI, No. 240, pp. 703—725.

ON THE ORE-BEARING METAMORPHIC ZONE OF A CERTAIN SKARN TYPE OF ORE DEPOSIT OF HOPEI

KAO FAN LOH PENG-LAI

(Abstract)

In this ore deposit of skarn type, several approximately parallel metamorphic zones were noticed between Sinian dolomite and Yenshan porphyritic granite, which belongs to a branch of a great igneous intrusion. There is a certain rule in such zonal distribution. All the rocks in the contact zones, including those in the immediate approximate parts of the intrusive, have been metamorphosed to various extent.

Four kinds of metamorphic zones are revealed in the chronological order namely (1) purely thermal metamorphic zone, (2) metasomatic contact metamorphic zone, (3) serpentized zone and (4) ore-bearing hydrothermal alteration zone.

Chemical analyses of granite and rock samples of various metamorphic zone are given in tables as evidences to explain development of different metamorphic zone especially for (1) and (2) zones.