

八家子铅锌矿矿化蚀变分带特征

董永观

(中国地质科学院南京地质矿产研究所)

八家子铅锌矿位于辽宁西部建昌县境内,是以开采铅、锌、铜和银为主的中型多金属矿山。曾有不少单位在矿区进行过地质勘探和矿床研究工作,对该矿成因提出了矽卡岩成因、岩浆热液成因、沉积改造成因和层控矿床等不同认识。本文以矽卡岩成因观点,着重研究讨论矿床矿化蚀变分带特征、矽卡岩化与矿化的成因联系等一系列基本问题,并以矿区内北西向成矿断裂带作为讨论重点。

一、区域地质及矿区地质概况^①

八家子矿区位于华北地台北部,燕辽沉降带之南缘。区域内沉积有震旦系、寒武系、中下奥陶统、中—上石炭统、二叠系和侏罗—白垩系(图1)。区内构造发育,特别以八家子—杨家杖子构造带最为显著,该成矿带北东端以铜矿为主,南西端以钼、铅、锌等多金属为主。区域内岩浆岩分布十分广泛,早期吕梁运动岩浆侵入产物,因经历漫长的地质作用,以变质为片麻状花岗岩,构成区域基底。燕山期岩浆活动产物,区域内表现为三个亚旋回:第

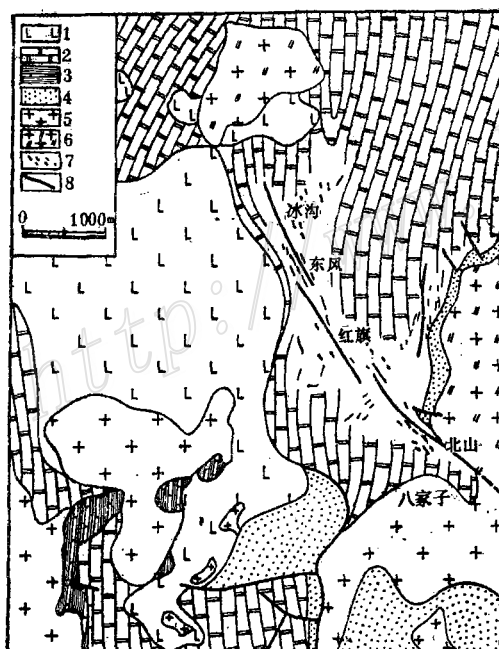


图1 八家子矿区地质图
(据辽宁五队)

1—侏罗—白垩系;2—寒武系;3—震旦系白云岩;4—震旦系砂岩;5—燕山期浅色花岗岩;6—燕山期黑云石英闪长岩;7—矿体;8—断层

Fig. 1. Geological map of the Bajiazi ore district.

1—Jurassic and Cretaceous; 2—Cambrian; 3—Sinian dolomite; 4—Sinian sandstone; 5—Yanshanian light-colored granite; 6—Yanshanian biotite-quartz diorite; 7—Orebody; 8—Fault.

① 地层单位引用矿区储量计算报告(1958年)。

一亚旋回为中基—中酸性火山岩；第三亚旋回为中酸—酸性火山岩；第二亚旋回为岩浆侵入相，其中早阶段为黑云母花岗岩和花岗闪长岩，晚阶段为花岗杂岩类岩石，包括淡色花岗岩、红色花岗岩、斑状花岗岩和细粒花岗岩等，最晚又有各类脉岩侵入。

八家子矿区位于该区域中部（图1）。矿区内岩浆岩为燕山期黑云石英闪长岩、辉石黑云母闪长岩、淡色花岗岩、斑状花岗岩和细粒花岗岩等。其中矿区东部黑云石英闪长岩与成矿关系密切。该岩石呈浅灰绿色，花岗结构，全岩钾—氩年龄为170 Ma^①。主要组成矿物：斜长石（An=30%），含量40—50%；钾长石，主要为正长石，含量10%左右；石英含量约10—15%；黑云母含量变化大，约5—15%；普通角闪石含量少，呈半自形柱状，多色性强，Ng——绿，Nm——黄绿，Np——淡绿，（-）2V=62°—73°，Ng∧C=16°±。另外还有少量磁铁矿、榍石等副矿物。

由化学成分可以看出，该岩石碱质组分（K₂O 3.00—5.18%，Na₂O 3.24—4.84%）和挥发分含量都较高。其中氟达0.08%，氯达0.05%，CO₂达0.4%。与戴里相应岩石比较，该岩石n值偏低，n'值偏高（图2），反映该岩石以富钾为特征。

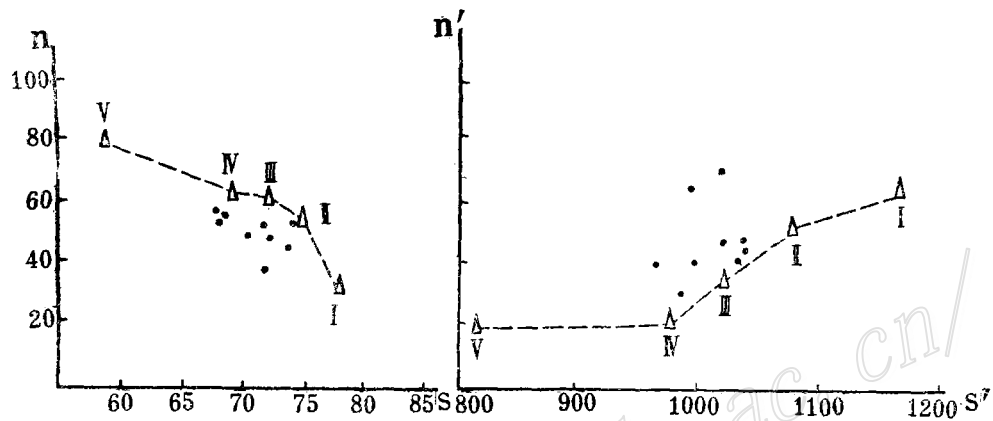


图2 黑云石英闪长岩n—S、n'—S'图解

（仿胡受奚，1982）

△—戴里岩石；II—花岗闪长岩；III—石英闪长岩；IV—闪长岩；V—辉长岩；·—黑云石英闪长岩化学参数投影点

Fig. 2. n versus S and n' versus S' diagram of biotite-quartz diorite.

△—Daily rocks; II—Granodiorite; III—Quartz diorite; IV—Diorite; V—Gabbro; ·—Projection of chemical parameters of biotite-quartz diorite.

总之，该岩石为富碱质、富挥发分的钙碱系岩石，具有与交代矿床有关的岩浆岩的一般特点^[1]，特别是富含挥发分可能对成矿物质的迁移富集以及成矿热液的形成起重要作用。

二、矿床地质特征及矿化蚀变分带

矿体产于黑云石英闪长岩与高于庄组白云岩接触带向北西方向延伸。矿体形态有似层状、交代脉状、网脉状、透镜状及囊状等（图3、4，照片1）。矿石主要构造有块状、浸染状、交代残余状、交代脉状和条带等（照2、3）。交代结构有交代残留结构、交代假象结构

① 据辽宁地质三队

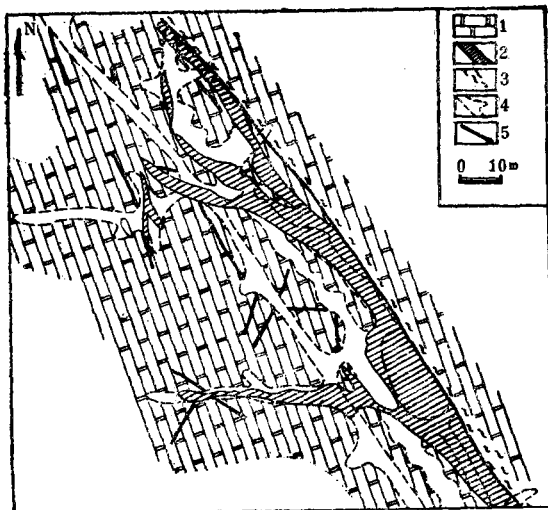


图3 东风矿段155m中段交代脉状矿体示意图

(据辽宁冶金五队)

1—白云岩; 2—铅锌矿体; 3—破碎带;
4—坑道; 5—断层

Fig. 3. Plan showing metasomatic veinlike orebody at 155m level of Dongfeng ore sector.

1—Dolomite; 2—Lead-zinc orebody; 3—Fracture zone; 4—Gallery; 5—Fault.

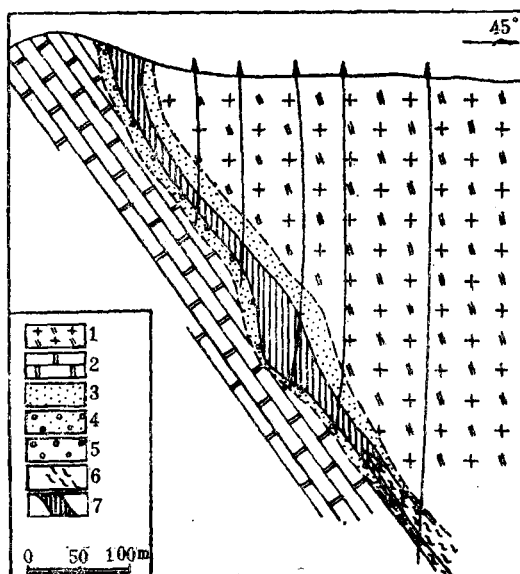


图4 北山矿段49线剖面矿化蚀变分带示意图

(据辽宁三队)

1—黑云石英闪长岩; 2—白云质大理岩; 3—透辉石矽卡岩;
4—透辉石-钙铁榴石矽卡岩; 5—钙铁榴石矽卡岩; 6—破碎带; 7—磁铁矿体

Fig. 4. Diagrammatic section showing mineralizing alteration zoning along exploration line No. 49 of Beishan ore sector.

1—Biotite-quartz diorite; 2—Dolomitic marble;
3—Diopside skarn; 4—Diopside-andradite skarn;
5—Andradite skarn; 6—Fracture zone; 7—Magnetite orebody.

和似海绵陨铁结构等(照片4、5)。

由接触带依次向外及沿断裂带向北西方向, 矿石类型出现规律性变化, 主要类型有: ①辉钼矿-磁铁矿; ②磁铁矿-黄铁矿; ③黄铁矿; ④黄铁铅锌矿; ⑤铅锌矿。即金属矿物由高温组合向低温组合演化, 基本上符合多金属矿床原生分带规律^[1]。

有关矽卡岩矿床形成理论, D. S. 柯尔仁斯基, V. A. 查里科夫和J. B. Jr. 汤姆逊等人早就作过系统地论述^[3,4,5]。结合八家子矿区矽卡岩成分特征, 将矿区矽卡岩分为镁矽卡岩、钙矽卡岩和锰质钙矽卡岩, 它们也由接触带向外及向北西方向呈现出带状分布(图5)。镁矽卡岩的代表矿物为镁橄榄石、透辉石、粒硅镁石和金云母、透闪石(直闪石); 钙矽卡岩的代表性矿物有钙铁榴石、(次)透辉石和绿帘石; 锰质钙矽卡岩的代表性矿物有蔷薇辉石和锰铝榴石。上述三类矽卡岩伴随的矿化类型也不一样, 镁矽卡岩伴有磁铁矿化; 钙矽卡岩带伴有大量磁铁矿化和黄铁矿化, 并形成矿体; 而锰质钙矽卡岩带伴有大规模黄铁铅锌矿化和铅锌矿化并形成矿体。特别是锰质钙矽卡岩可作为寻找铅锌矿体的重要标志。

除了不同类型矽卡岩及矿化在空间上表现出带状分布外, 各类矽卡岩内部也具有较清楚的交代分带, 其中以镁矽卡岩的交代分带最明显。从白云岩一侧向黑云石英闪长岩可分出七

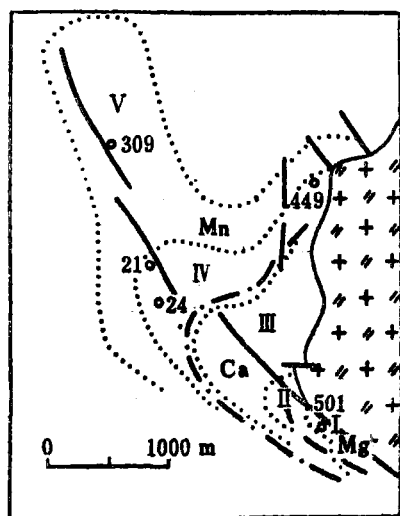


图5 八家子矿区矿化蚀变分带示意图

I—磁铁矿带；II—黄铁矿-磁铁矿带；
III—黄铁矿带；IV—黄铁矿铅锌矿带；V—
铅锌矿带；Mg—镁矽卡岩带；Ca—钙
矽卡岩带；Mn—锰质钙矽卡岩带

Fig. 5. Schematic map showing
mineralizing alteration zoning of
the Bajiazi ore district.

I—Magnetite zone; II—Pyrite-magnetite
zone; III—Pyrite zone; IV—Pyrite and
lead-zinc zone; V—Lead-zinc zone;
Mg—Magnesian skarn zone; Ca—Calcic
skarn zone; Mn—Manganiferous calcic
skarn zone.

个带：①白云质大理岩；②透辉石化白云质大理岩；③
镁橄榄石-粒硅镁石矽卡岩；④透辉石-透闪石-金云
母矽卡岩；⑤磁铁矿化铁锰质镁橄榄石-透辉石矽卡
岩；⑥透辉石化碱质交代岩；⑦黑云石英闪长岩。

在上述第四和第五带之间还有含量较高的直闪石
分布。

钙矽卡岩的交代分带也较明显，值得提出的是该
带局部出现较多榍石，据国内外研究资料，榍石中大
量 TiO_2 是岩浆岩提供的。

锰质钙矽卡岩的交代分带主要表现在锰质钙矽卡
岩矿物在矿体两侧呈带状分布，综合矿区红旗、东
风、冰沟和炉沟矿段矽卡岩分布特点，可分出如下四
个带：①强矿化锰铝榴石-蔷薇辉石矽卡岩；②蔷薇
辉石矽卡岩；③蔷薇辉石-锰铝榴石矽卡岩；④锰铝
榴石-金云母矽卡岩。

上述四个带往往不同时出现，大多仅出现其中一
个或二个带。另外，第四带中的金云母含锰较高。

矿物组合的带状分布同样反映在交代岩石的化学
成分上，以镁矽卡岩为例（表1），从黑云石英闪长岩
一侧向白云岩， SiO_2 、 Al_2O_3 、 Na_2O 和 K_2O 含量逐渐
减少， CaO 、 MgO 含量逐渐增加。

另外，元素比值和元素间相关系数也表现出空间
分带特征，由黑云石英闪长岩向白云岩， $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、
 MnO/TiO_2 比值逐渐增加，而 CaO/MgO 比值逐渐降

低。 $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}-\text{SiO}_2$ 的相关系数都为较大的负值， $\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}-\text{CaO}$ 间的相关系数为较大的正值。上述特征表明元素的差异性活动。由此在空间上形成矽卡岩与矿化分带^[5]，特别是Mg、Ca、Si和Al等的差异性活动，往往在白云岩一侧形成镁橄榄石，而在内接触带形成透辉石和石榴子石^[3]。

此外，与矿化有关的黑云石英闪长岩遭受广泛的碱质交代，主要为钾长石化。钾长石常交代斜长石和黑云母等（照片6）。遭受碱质交代的黑云石英闪长岩有如下几方面特征：①岩石发生明显的褪色，由灰色变为浅灰或灰白色，并带有浅肉红色色调；②结构上由中细粒结构变为细粒结构，肉眼或放大镜下观察，矿物颗粒界线模糊不清；③化学成分上表现出碱质组分增加，据地质队分析资料， $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 达9%以上；④碱质交代部位都有不同程度的黄铁矿化，局部宽度达40m以上。根据赵一鸣老师的研究，碱质交代是矽卡岩分带的重要组成部分，在形成交代矿床过程中起重要作用。

上述三类矽卡岩都叠加有晚期热液蚀变，最明显的有蛇纹石化、金云母化、透闪石-阳起石化、镁绿泥石化、重晶石化、石膏-萤石化和铁锰碳酸盐化，它们在空间上也呈现带状分布特征。蛇纹石化和镁绿泥石化主要发育在镁矽卡岩带；石膏-萤石化发育在接触带附近的钙

表 1 镁矽卡岩化学成分(%)

Table 1. Chemical composition of magnesian skarn (in percentage)

样 号	含量 编号	组 分	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O
Bt18-3	1		19.15	0.10	3.15	0.94	0.29	0.11	18.51	29.46	0.39
Bt18-7	2		40.15	0.12	1.88	2.35	0.93	0.18	26.53	15.15	0.29
Bt18-8	3		45.52	0.44	8.17	1.50	1.92	0.24	20.79	14.12	0.25
Bt18-9	4		57.08	0.69	11.26	3.06	3.50	0.34	7.72	9.53	0.46
Bt18-10	5		62.03	0.33	17.11	3.02	1.13	0.07	1.43	3.84	3.62

样 号	含量 编号	组 分	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	CO ₂	F	Cl	总 和
Bt18-3	1		0.01	0.02	7.39	0.07	20.56			100.15
Bt18-7	2		0.02	0.01	7.22	0.52	4.74			100.09
Bt18-8	3		2.46	0.02	2.35	0.25	0.84	0.25	0.02	98.89
Bt18-9	4		2.56	0.13	1.42	0.28	0.34	0.10	0.02	98.37
Bt18-10	5		4.07	0.26	1.15	0.07	0.17	0.04	0.05	98.30

1、金云母透辉石化白云岩；2、金云母化镁橄榄石矽卡岩；3、金云母化透辉石矽卡岩；4、透辉石化黑云石英闪长岩；5、黑云石英闪长岩

(分析单位：地质科学院测试所)

矽卡岩带，大多与磁铁矿及黄铁矿伴生；重晶石化发育在离接触带较远的锰质钙矽卡岩带，与部分方铅矿、闪锌矿一起呈交代脉状产出。这种交代脉宽可达1 m以上。铁锰碳酸盐化在整个矿区都有分布，经光性及X光测定和差热分析，其矿物有菱铁矿、铁白云石和锰方解石等。一般经铁锰碳酸盐化的矿体，围岩铁锰含量明显增高。特别是锰质钙矽卡岩带的铁锰碳酸盐化可能对含银矿物的沉淀起重要作用，部分含银矿物就沉淀在遭受铁锰碳酸盐化的铅锌矿体的围岩裂隙中^①。

由于不同类型矽卡岩及矿石的带状分布，暴露在地表部分经氧化形成不同类型的氧化帽在空间上也明显地表现出由接触带向外及沿断裂带向北西方向的带状分布规律。根据氧化帽的结构、构造、颜色和矿物成分等特征可将它们依次分为铁帽、锰铁帽、铁锰帽和铁锰染四种类型，它们可指导寻找不同类型的矿石，特别是铁锰帽可直接指导寻找铅锌矿体。

三、矿物地球化学分带规律

无论是矽卡岩矿物还是金属矿物，其光性、晶形及化学成分也都明显呈现出空间分带规律，如石榴子石从钙矽卡岩带的钙铁榴石变为锰质钙矽卡岩带的锰铝榴石。在钙铁榴石—钙铝榴石—锰铝榴石三角图中清楚地反映出这种变化趋势（图6）。随着离接触带距离增加，石榴子石中的TFeO量明显减少，MnO量明显增加（表2，图6）。

① 据孙海涛等。

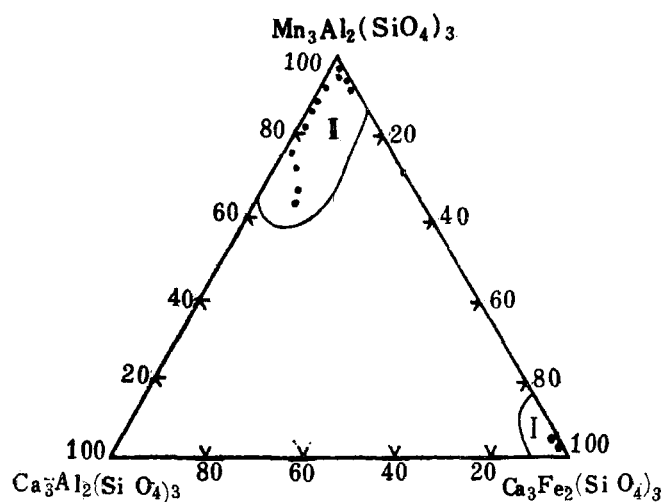


图6 石榴子石成分三角图

I—钙矽卡岩带石榴子石成分投影区；II—锰质钙矽卡岩带石榴子石成分投影区

Fig. 6. Triangular diagram showing composition of garnet.

I—Projection area of garnet from calcic skarn zone; II—Projection area of garnet from manganiferous calcic skarn zone.

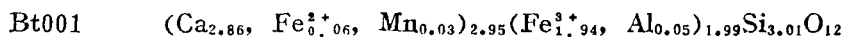
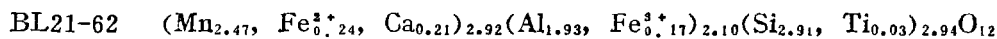
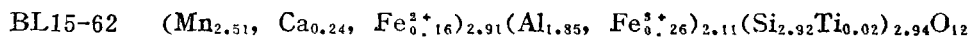
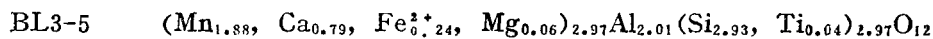
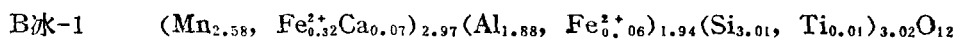
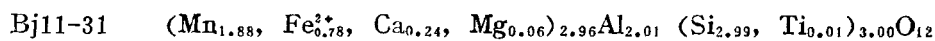
表2 石榴子石化学成分(%)

Table 2. Chemical composition of garnet (in percentage)

含量组分 样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ ①	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
Bj11-31	36.92	5.25	20.77		11.20	27.72	0.60	2.64	0	0
B冰-1	36.22	0.28	19.15	1.01	4.59	36.65	0.44	0.84	0	0
BL3-5	37.12	0.77	18.33	0.49	3.61	28.17	0.53	9.34	0	0.01
BL15-62	34.84	0.30	18.74	4.17	2.29	35.39	0.16	2.69	0.02	0
BL21-62	35.47	0.54	19.95	2.73	3.49	35.46	0.17	2.34	0.04	0
Bt001	36.83	0.03	0.47	28.47	1.33	0.07	0.19	31.07	0.02	0
含量组分 样号	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	CO ₂	F	Cr ₂ O ₃	ZnO	PbO	总和	备注	
Bj11-31	—	—	—	—	0	0		100.20	电子探针分析	
B冰-1	—	—	—	—	0.07	0		99.25		
BL3-5	—	—	—	—	0.17	0.04		98.63		
BL15-62	—	—	—	—	0.08	0.31		98.98		
BL21-62	—	—	—	—	0	0.15		100.31		
Bt001	0.16	0.18	0.26	0.22	0	—	0.01	99.76	化学分析	

①电子探针部分的 Fe₂O₃ 是按晶体化学式计算的；电子探针分析由王文瑛、黄进完成；②化学分析由夏月莲完成；表中“—”示成分无分析

石榴子石晶体化学式如下:



辉石类的带状分布表现在镁矽卡岩带中为透辉石,透辉石分子均在90%以上;钙矽卡岩带为(次)透辉石;而锰质钙矽卡岩带为三斜晶系的蔷薇辉石。辉石类矿物化学成分如表3。

表 3. 辉石类矿物化学成分(%)

Table 3. Chemical composition of pyroxenes (in percentage)

含 量 样号	组 分	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O
Bt18-4 ①		53.88	0.17	0.04		0.24	0.00	26.03	18.99	0.03
Bt10-65 ①		54.24	0.68	0.13		0.49	0.04	24.42	18.33	0.05
Bt12-38 ①		53.81	0.42	0.01		1.47	0.21	25.10	17.65	0.04
BL21-6 ②		51.10	0.10	0.04		3.96	8.83	22.43	11.91	0.04
BL15-6 ③		46.79	0.02	0.00		5.10	38.80	6.33	3.17	0.08
B冰-1 ③		46.74	0.00	0.04		4.36	40.61	6.69	1.36	0.01
BL8-8 ③		45.36	0.52	0.09	1.06	3.94	39.40	6.18	2.39	0.05
含 量 样号	组 分	K ₂ O	F	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	CO ₂	ZnO	Cr ₂ O ₃	总 和	
Bt18-4 ①		0.05	—	—	—	—	0.07	0.18	99.69	
Bt10-65 ①		0.00	—	—	—	—	0.11	0.07	98.55	
Bt12-38 ①		0.03	—	—	—	—	0.12	0.09	98.98	
BL21-6 ②		0.00	—	—	—	—	0.00	0.02	98.43	
BL15-6 ③		0.00	—	—	—	—	0.05	0.10	100.43	
B冰-1 ③		0.00	—	—	—	—	0.12	0.00	99.94	
BL8-8 ④		0.49	0.02	0.04	0.24	0.28	0.04	0.00	99.39④	

① 镁矽卡岩带, ② 钙矽卡岩带, ③ 锰质钙矽卡岩带, ①—③为电子探针分析, 由王文瑛、黄进完成, ④化学分析
“—”表示成分未分析

辉石类矿物晶体化学式如下:

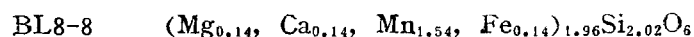
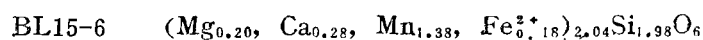
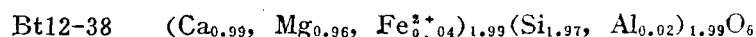
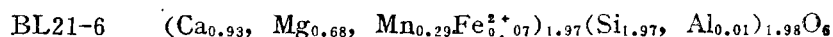
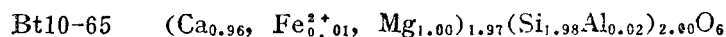
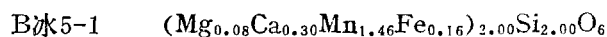
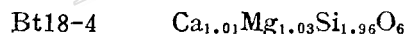


图 7 是辉石类矿物的三组分图，图中表明了辉石成分的带状分布特征。根据赵一鸣等的研究⁽²⁾，矿区蔷薇辉石的成分点全部投在了锰三斜辉石区（图8）。由辉石类矿物的成分特征可以看出，由接触带向远离接触带方向，是由高镁化学位→高铁化学位→高锰化学位方向演化的。

闪石类矿物成分的分带也很明显，镁矽卡岩带为透闪石；钙矽卡岩带为阳起石；锰质钙

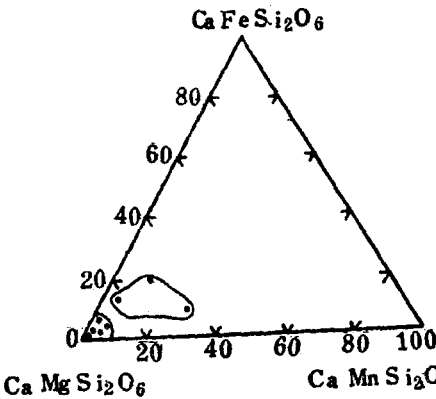


图 7 透辉石-钙铁辉石-锰钙辉石三角图
Fig. 7. Triangular diagram of diopside-hedenbergite-schefferite.

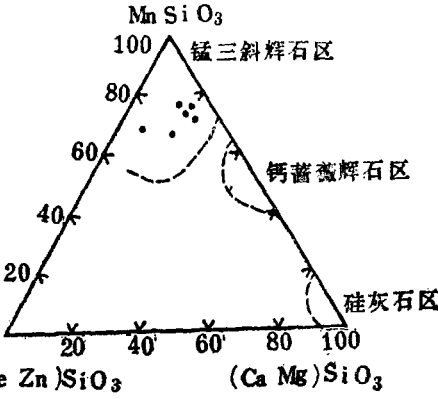


图 8 MnSiO₃-FeSiO₃-CaSiO₃成分关系图
Fig. 8. Triangular diagram of MnSiO₃-FeSiO₃-CaSiO₃.

表 4 闪石类矿物化学成分

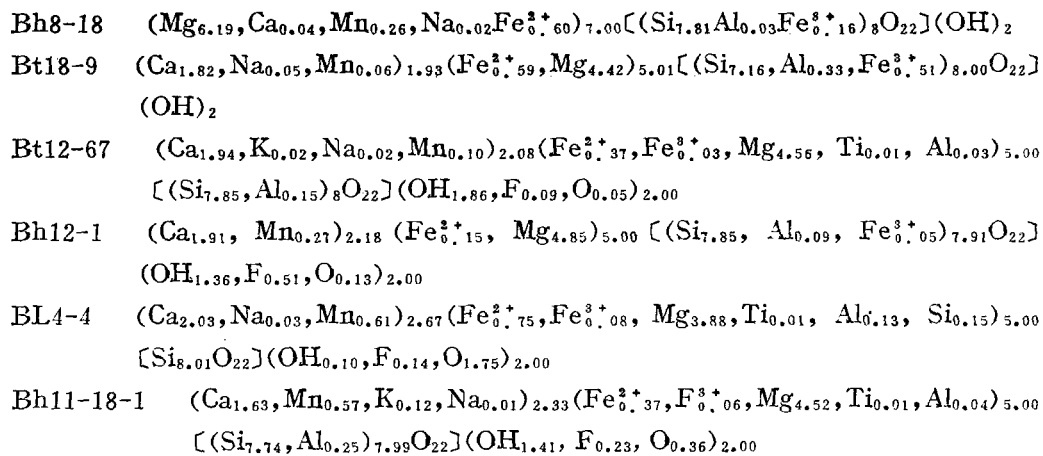
Table 4. Chemical composition of amphiboles (in percentage)

含 量 样 号	组 分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O
Bh8-18①		58.12	0.16	0.00	—	5.75	0.25	0.25	30.92	0.08
Bt18-9②		54.47	2.10	0.00	—	9.97	0.51	12.92	18.54	0.20
B12-67		56.20	1.08	0.06	0.31	3.21	0.85	12.96	21.88	0.06
Bh12-1③		55.73	0.70	0.05	0.00	1.70	2.25	12.67	23.13	0.11
B14-4③		54.47	0.71	0.05	0.66	6.00	4.83	12.66	17.38	0.09
Bh11-18-1③		53.18	1.69	0.07	0.55	3.07	4.60	10.46	20.84	0.18

含 量 样 号	组 分	K ₂ O	F	Cl	CO ₂	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	P ₂ O ₅	总 和	备 注
Bh8-18①		0.00	—	—	—	—	—	—	97.53	电子探 针分析
Bt18-9②		0.00	—	—	—	—	—	—	98.27	
B12-67		0.10	0.20	0.01	0.19	2.28	0.26	0.03	100.18	化学分析
Bh12-1③		0.10	1.15	0.01	1.01	1.64	0.18	0.02	100.34	
B14-4③		0.12	0.30	0.01	0.39	2.52	0.11	0.04	100.30	
Bh11-18-1③		0.64	0.50	0.00	1.16	2.90	0.34	0.05	100.23	

① 镁矽卡岩带；② 钙矽卡岩带；③ 锰质钙矽卡岩带；电子探针分析由王文瑛、黄进和余静完成；表中“—”示无分析资料

矽卡岩带为锰质阳起石。闪石成分示如表4。闪石类矿物晶体化学式如下:



云母类矿物具有与闪石十分类似的分带特征,特别是锰质钙矽卡岩带的金云母, MnO含量较高,最高达1.33%。

总之,矽卡岩矿物成分的变化与矿石成分变化一致,特别是矿物中高锰含量可作为寻找铅锌矿体的重要标志。

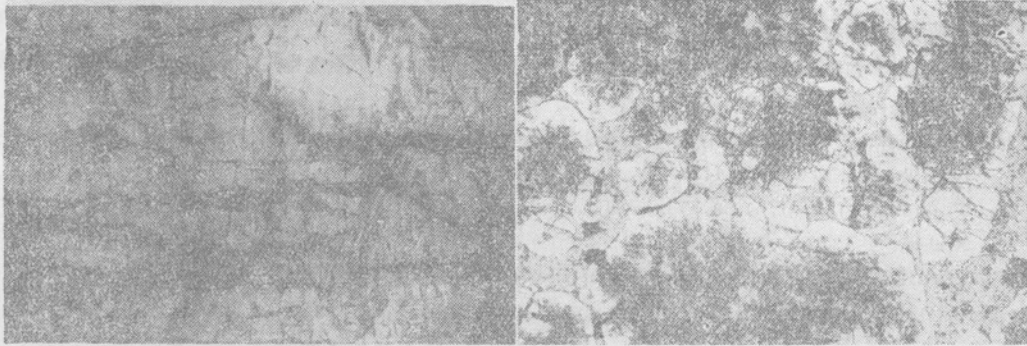
金属矿物也同样具有围绕接触带向外及沿断裂带向北西方向的带状分布规律。以黄铁矿为例,在接触带附近的磁铁矿-黄铁矿矿体中为他形或不规则状,稍远离接触带的黄铁矿矿体中为半自形至自形五角十二面体状,而远离接触带的铅锌矿体中多为立方体形态。矿物成分上表现出黄铁矿中Co、Ni含量及Co/Ni比值随着离接触带距离增加而减少,方铅矿中Pb、Bi、Ag含量不断增加,与之对应,闪锌矿中MnO含量也有增加趋势。

成矿元素的带状分布规律更加明显,从接触带由近到远,矿石中Fe、Cu含量逐渐减少,Pb、Zn含量逐渐增加,由较高温的Fe-Mo组合向Fe-Cu-Pb-Zn组合演化,最后被较低温的Pb-Zn-Ag组合替代。特别是Pb、Zn与Mn关系非常密切,Mn含量可直接指示矿石中铅锌品位。

根据矽卡岩与矿化关系、各种矿物组合特点可将矿化蚀变过程分为矽卡岩期、热液期和表生期。热液期又可分为磁铁矿阶段、石英-硫化物阶段和硫酸盐-碳酸盐阶段。综合均一测温结果与前人爆裂测温资料,矽卡岩阶段形成温度在600℃以上,磁铁矿阶段约400℃,石英-硫化物阶段300—400℃,硫酸盐-碳酸盐阶段为170—300℃。

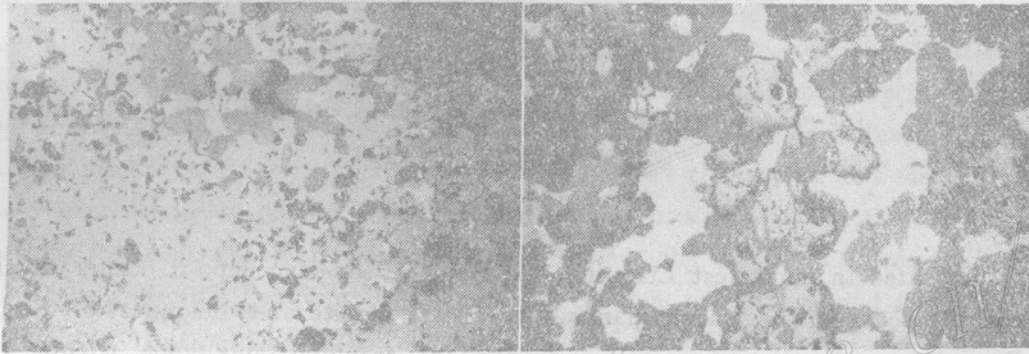
从上述资料,可得出如下结论:

- 1、八家子铅锌矿是以矽卡岩型为主,并叠加有晚期中低温热液矿化。
- 2、矿区内分布有三种不同类型矽卡岩,各自伴随不同类型矿化,并围绕接触带向外及沿断裂带向北西方向呈带状分布,特别是锰质钙矽卡岩是寻找铅锌矿体的重要标志。
- 3、随着离接触带距离增加,矿物中或矿石中铅、锌和锰含量增加,锰的含量能指示矿石中铅锌品位。
- 4、矿化蚀变分带除围岩和物化条件外,Mg、Ca、Mn和Fe、Cu、Pb、Ag的差异性活动是主要原因。



1、铅锌矿石呈网脉状交代白云岩，灰黑色为铅锌矿
东风矿段

2、铅锌矿石呈不规则脉状交代锰铝榴石形成脉状构造，
黑色为铅锌矿 单偏光 $\times 32$ 炉沟矿段



3、铅锌矿石交代白云岩呈交代残留构造，白色为铅
锌矿 反光 $\times 32$ 古洞沟旧坑

4、方铅矿交代白云岩及闪锌矿呈残留结构，白色为
方铅矿，浅灰色为闪锌矿 反光 $\times 32$ 冰沟
矿段



5、铅锌矿石交代和胶结锰铝榴石呈似海绵陨铁结
构，黑色为铅锌矿 单偏光 $\times 32$ 东风矿段

6、钾长石交代黑云母呈港湾状，白色为钾长石，
灰色条状为黑云母 正交偏光 $\times 32$ 北山矿段

参 考 文 献

- [1] 冯钟燕等 1983 《矿床学原理》 地质出版社
- [2] 赵一鸣等 1980 闽西南地区钙矽卡岩铁矿床的生成地质条件和交代矿化特征 中国地质科学院院报矿床所分刊 第1号
- [3] Korzhinskii, D. S., 1959, Physicochemical basis of the analysis of the paragenesis of minerals, translated from Russian, New York, 142p.
- [4] Thompson, J. B. Jr., 1959, Thermodynamic properties of simple solution. *Researches in geochemistry*. Abelson.
- [5] Zharikov, V. A., 1970, Skarn International Geology Rev., Vol. 12, No. 5—7.

CHARACTERISTICS OF ALTERATION AND MINERALIZATION ZONING IN THE BAJIAZI SKARN LEAD-ZINC DEPOSIT

Dong Yongguan

(*Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of
Geological Sciences, Nanjing, Jiangsu*)

Abstract

Located in northwest Liaoning, the Baijiazi lead-zinc deposit occurs at the contact between the Yanshanian biotite-quartz diorite and dolomite of Sinian Gaoyuzhuang Formation as well as in the NW-trending fault zone within the neighbouring carbonate wall rocks. The ore-related biotite-quartz diorite is of calcic-alkaline series rich in alkali and volatiles, with the whole-rock K-Ar age being 170Ma., indicating that the alkaline metasomatism must have played an important role in mineralization.

Based on a study of spatial distribution of skarns, mineral assemblage and geochemical characteristics of skarn minerals, the author has divided the skarns in ore district into magnoskarn, calciskarn and manganese calciskarn from the contact outward, with their representative minerals being forsterite-diopside-chondrodite, andradite-salite-epidote, and rhodonite-spessartine respectively, and their associated mineralizations being magnetization, magnetite-pyrite and pyrite orebodies, and pyrite-lead, zinc and lead-zinc orebodies respectively. They show zoned distribution from the contact outward or from the fault zone northwestward.

From magnoskarn zone to manganese calciskarn zone, crystalline form of pyrite in ores varies from xenomorphic irregular grains through pentagonal-

dodecahedron to cube; metallogenic element assemblages gradually change from Fe-Mo to Fe-Cu-Zn-Pb and finally to Pb-Zn-Ag, and with the increasing lead-zinc contents, manganese also uninterruptedly increases, whose content may therefore indicates lead-zinc grade in the ore; skarn mineral assemblage evolve from forsterite-diopside to andradite-salite and end in spessartine-rhodonite, accompanied by the variation of mineral assemblages in order of magnetite-molybdenite $\rightarrow$ magnetite-pyrrhotite-pyrite-chalcopyrite $\rightarrow$ pyrite-galena-sphalerite $\rightarrow$ galena-sphalerite-silver-bearing minerals.

According to the relationship of skarnization to mineralization, the mineralogical process might be divided into skarn, hydrothermal and supergene phases with the second phase subdivided into magnetite, quartz-sulfides and carbonate-sulfate stages. As for the formation temperature, it is inferred that the skarn stage is above 500°C with manganese calciskarn somewhat lower, the magnetite stage 400°C or so, the quartz-sulfides stage 300°—400°C, and the carbonate-sulfate stage 170°—300°C. From temperature, mineral assemblage and FeS content, Log f_{O_2} is estimated to be some -25 at the magnetite stage, -26—-30 at the quartz-sulfides stage and lower than -30 at the sulfate stage, implying the slight decrease of log f_{O_2} in solutions from the magnetite stage to the sulfate stage.

An integrated analysis of the above data has led the author to believe that the Bajiazi lead-zinc deposit is of skarn type. The progressively decreasing temperature, the regular variation of f_{O_2} and other physicochemical conditions, and the differential behaviors of magnesium, calcium, manganese, and iron, molybdenum, copper, zinc, lead and silver during the evolution of ore fluids resulted in the spatial zonation of mineralization and alteration.

<http://www.kcdz.ac.cn/>