

我国一些重要夕卡岩 Pb-Zn 多金属矿床的交代分带^{*}

赵一鸣

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

提 要:在我国一些重要夕卡岩 Pb-Zn 多金属矿床中, 交代矿化分带十分明显, 主要表现为围绕侵入体接触带或热源中心向碳酸盐围岩方向, 呈现有规律的带状分布。根据有关岩浆岩和矿化组合的不同, 可大致划分为三个交代分带序列, 总的分带序列是: Fe (Mo) → Fe-Sn → Sn (W) -Cu → Cu-Zn → Zn、Pb (Ag)。其中 Fe、Mo、Sn、Cu 矿化主要与镁夕卡岩或钙夕卡岩有关, 而 Zn、Pb (Ag) 矿则总是与锰 (钙) 质夕卡岩伴生。上述分带序列是寻找隐伏矿床 (体) 的重要标志之一。

主题词:交代分带 Pb-Zn 多金属 夕卡岩矿床 中国

中国是世界上夕卡岩矿床最发育的国家之一。夕卡岩 Pb-Zn 多金属矿床分布也较广泛, 主要集中在东部地区, 尤其是在华南和东北地区。在大地构造上矿床大多处于褶皱带或相对拗陷区。

在我国一些重要夕卡岩 Pb-Zn 多金属矿床中, 矿化交代分带特征十分明显, 主要表现为围绕侵入体接触带或热源中心, 向碳酸盐围岩方向呈现有规律的矿化交代带状分布。归纳起来, 大致可划分为以下三种矿化交代分带序列:

- (1) Fe (Mo) -Pb、Zn 夕卡岩矿床分带序列;
- (2) Pb、Zn (Ag) 夕卡岩矿床分带序列;
- (3) Pb-Zn-Cu-Sn 夕卡岩矿床分带序列。

现把这三类分带序列代表性矿床的交代分带地质地球化学特征分述如下。

1 福建马坑 Fe (Mo、Pb、Zn) 夕卡岩矿床

马坑是一个大型铁 (钼), 伴有铅锌矿化的夕卡岩矿床, 位于华南加里东褶皱系 (华夏褶皱带) 永 (安) -梅 (县) 上古生代拗陷的次一级北东向断陷带^[1]。与铁多金属成矿有关的岩浆岩主要为燕山期中基性辉绿闪长岩类。夕卡岩矿化主要产生于辉绿闪长岩和石炭-二叠纪大理岩的接触带, 或碎屑岩和大理岩的层间构造破碎带。

矿区主要存在两类含矿夕卡岩: 磁铁矿化 (辉钼矿化) 钙夕卡岩和铅锌矿化锰质夕卡岩, 自辉绿闪长岩 (或碎屑岩) 向大理岩方向显示清楚的矿化交代分带 (图 1): ①辉绿闪长岩; ②

^{*} 国家自然科学基金资助项目 (批准号: 49273173) 的部分成果
赵一鸣, 男, 1934 年生, 研究员, 矿床学博士生导师。邮政编码: 100037
1996-10-13 收稿; 1996-12-09 修改回

退色蚀变辉绿闪长岩或透辉石-基性斜长石 ($An=90\% \sim 95\%$) 交代岩；③透辉石-符山石夕卡岩 (±辉钼矿)；④钙铁榴石夕卡岩，局部伴有磁铁矿化；⑤透辉石-石榴石夕卡岩，伴有磁铁矿化；⑥锰质黑柱石-锰钙铁辉石夕卡岩，伴有闪锌矿化和方铅矿化；⑦锰质黑柱石-钙蔷薇辉石夕卡岩，伴有黄铁矿化、闪锌矿化和方铅矿化；⑧大理岩。

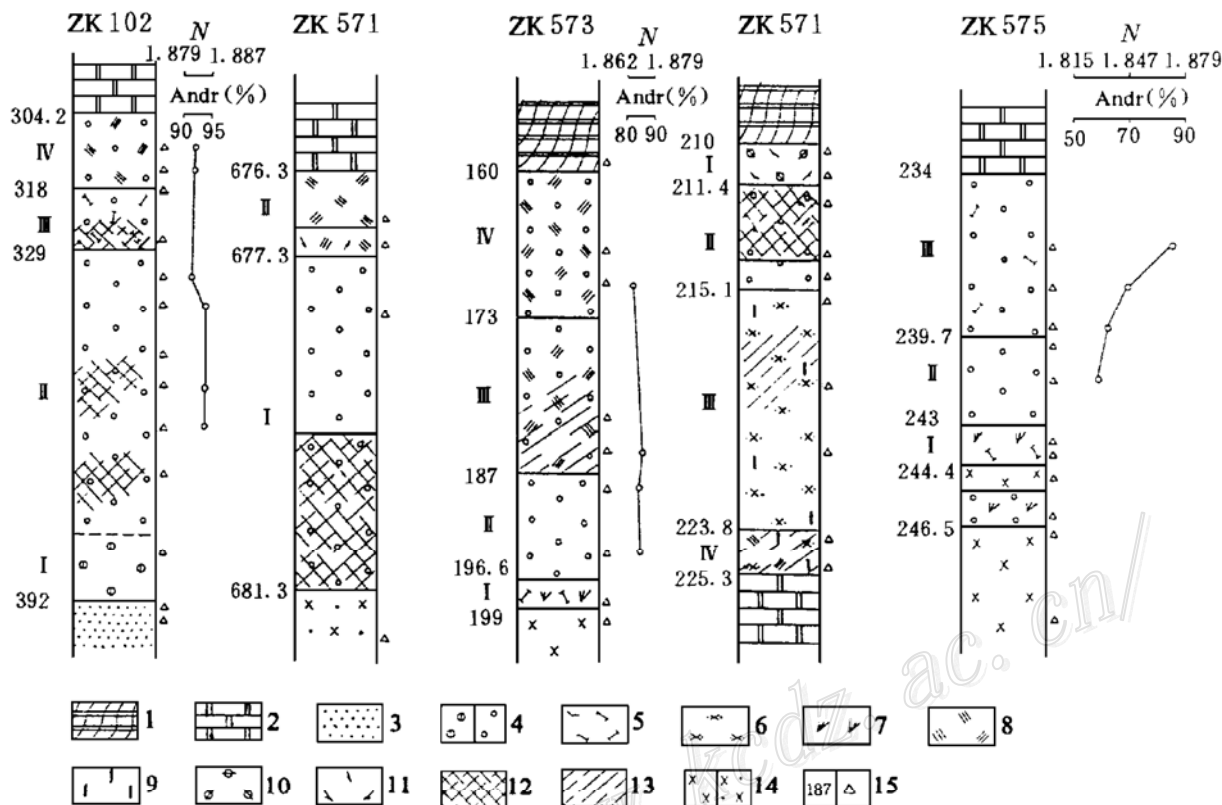


图 1 福建马坑 Fe (Mo) -Pb-Zn 夕卡岩矿床的交代分带

1—角岩；2—结晶灰岩或大理岩；3—石英岩；4—钙铝榴石和钙铁榴石夕卡岩；5—透辉石夕卡岩；6—锰钙铁辉石夕卡岩；7—符山石夕卡岩；8—钙蔷薇辉石夕卡岩；9—锰黑柱石夕卡岩；10—斜黧帘石-绿帘石交代岩；11—含氟锰阳起石化；12—磁铁矿化；13—铅锌矿化；14—辉绿闪长岩和蚀变辉绿闪长岩（透辉石-斜长石岩）；15—钻孔深度 (m) 和取样位置；N—石榴石折光率；Andr—钙铁榴石分子

Fig. 1. Metasomatic zoning of the Makeng Fe(Mo)-Pb-Zn skarn deposit, Fujian Province.
1—Hornstone; 2—Crystalline limestone or marble; 3—Quartzite; 4—Grossularite and andradite skarn; 5—Diopside skarn; 6—Manganohedenbergite skarn; 7—Vesuvianite skarn; 8—Bustamite skarn; 9—Manganolvaite skarn; 10—Clinzoisite-epidote metasomatite; 11—Fluor-manganoactinolite; 12—Magnetitization; 13—Lead-zinc mineralization; 14—Diabase diorite and altered diabase diorite (diopside-plagioclase); 15—Depth of drill hole ; N—Refractive index of garnet; Andr. —Andradite molecule.

上述综合交代分带中,个别交代带在一些剖面中,有可能缺失。钙夕卡岩主要由透辉石、石榴石和符山石组成,在内接触带还可能出现基性斜长石,而锰质夕卡岩则主要由锰钙铁辉石、锰质黑柱石和钙蔷薇辉石组成,局部还可能出现锰三斜辉石。夕卡岩主要属于渗滤交代型。各类夕卡岩矿物中的流体包裹体均一温度测定结果表明,钙夕卡岩的形成温度相对较高,达 410~670℃,而伴有铅锌矿化的锰质夕卡岩的形成温度则较低,为 200~430℃。这和地质观察相符,在锰质夕卡岩中可见到钙夕卡岩的交代残留体,说明锰质夕卡岩形成相对较晚,属于夕卡

岩演化晚期的交代产物。

两个含矿夕卡岩带在酸性淋滤阶段叠加的退化热液交代矿物也有所不同：在钙夕卡岩带主要为石英、含氯角闪石、绿帘石和阳起质透闪石；而在锰(钙)质夕卡岩带则为含氟锰阳起石、斜黝帘石和方解石。萤石在各夕卡岩带中均较发育。这两个含矿夕卡岩带的主要地质地球化学特征见表 1。

表 1 马坑矿区两个不同含矿夕卡岩带地质地球化学特征

Table 1. Geological and geochemical characteristics of two different ore-bearing skarn zones in the Makeng ore district

含矿夕卡岩带	铁(钼)矿化钙夕卡岩带	铅锌矿化锰(钙)质夕卡岩带
主要夕卡岩矿物及其成分	透辉石(Di _{73~92} Hd _{6~19} Jo _{2~8}) 石榴石(Gr _{6.1~26.1} And _{67.5~93.1} Sp _{1.6~5.6}) 符山石 基性斜长石(<i>An</i> =90%~95%)	锰钙铁辉石(Di _{9~25} Hd _{54~76} Jo _{10~39}) 石榴石(Gr _{1.6~3.8} And _{91.0~95.2} Sp _{1.5~2.0}) 钙蔷薇辉石 锰黑柱石
退化热液交代矿物	石英、含氯角闪石、萤石、绿帘石、阳起质透闪石	含氟锰阳起石、萤石、斜黝帘石
主要金属矿物	磁铁矿、假象赤铁矿、辉钼矿、黄铁矿	闪锌矿、方铅矿、黄铁矿
成岩成矿温度(℃)	410~670	200~430

2 辽宁八家子 Pb-Zn (Ag) 夕卡岩矿床

八家子铅锌(银)矿床位于华北地台北部燕辽沉降带南缘。矿床产于燕山早期(170×10⁶a)黑云石英闪长岩和高于庄组白云质大理岩接触带以及呈北西延伸的白云质大理岩断裂破碎带中,矿化带延伸长达 4000 m 以上(图 2)。在空间上,随着离接触带距离的增加,金属矿物组合呈现高温组合向中低温组合变化的带状分布特点,夕卡岩的类型也相应发生变化(图 3)。

(1) 磁铁矿化镁夕卡岩直接产于北山矿段黑云石英闪长岩和白云质大理岩的接触带,主要矿物为镁橄榄石、透辉石、粒硅镁石、透闪石和金云母,局部还有直闪石和铁镁质锰橄榄石。镁夕卡岩从岩体到白云质大理岩又可划分出以下几个交代带:① 黑云石英闪长岩;② 透辉石化钾长石化闪长岩;③ 含铁镁质锰橄榄石的透辉石夕卡岩,伴有磁铁矿化;④ 粒硅镁石-镁橄榄石夕卡岩;⑤ 透辉石化白云质大理岩;⑥ 白云质大理岩。

(2) 伴有磁铁矿化和黄铁矿体的钙夕卡岩。钙夕卡岩明显叠加在镁夕卡岩之上,沿北西向控矿断裂带延伸,主要组成矿物有透辉石和钙铁榴石等,伴生磁铁矿化、磁黄铁矿化和黄铁矿化。随着与接触带距离的增加,矿石中磁铁矿含量逐渐减少,黄铁矿增多。

(3) 伴生大量铅锌银矿化的锰质夕卡岩:产于北西向成矿断裂带的北西端东风和冰沟矿段。其组成矿物主要为蔷薇辉石和锰铝榴石,含一定量锰透辉石、含锰透闪石和含锰铁金云母。

上述三个含矿夕卡岩的主要地质地球化学特征综合于表 2。

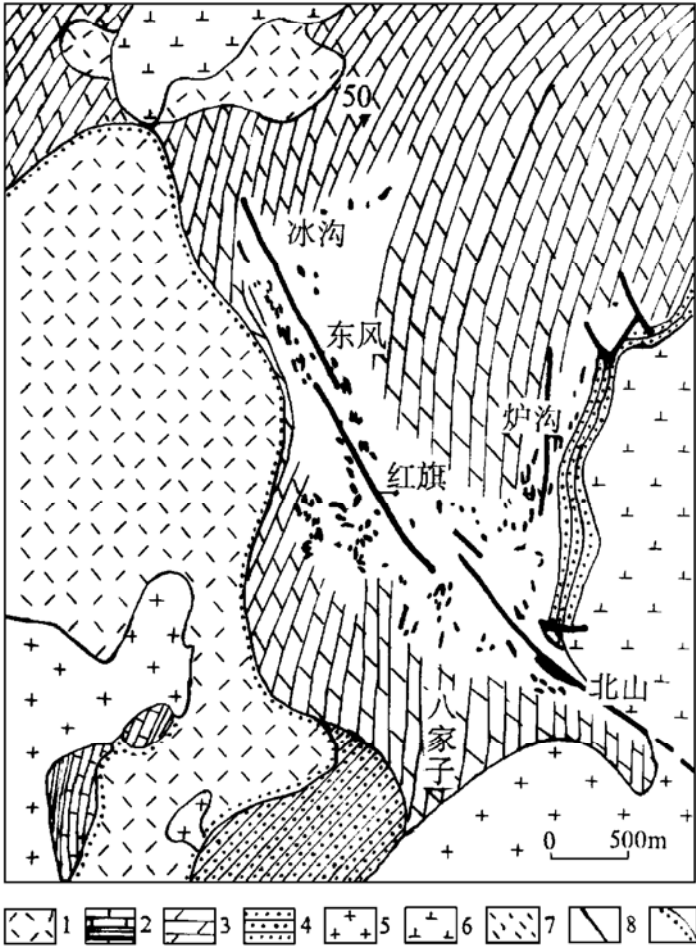


图 2 辽宁八家子铅锌（银）矿床地质略图
(据八家子矿山地测科资料修改)

1—侏罗-白垩系火山岩、火山碎屑岩；2—寒武系灰岩、页岩；3—中上元古界白云岩；4—大红峪组砂岩；5—燕山期花岗岩和斑状花岗岩；6—燕山期黑云石英闪长岩；7—矿体；8—断层；9—不整合

Fig. 2. Schematic geological map of the Bajiazi Pb-Zn (Ag) deposit, Liaoning Province.

1—Jurassic and Cretaceous volcanic rocks and volcanoclastic rocks; 2—Cambrian limestone and shale; 3—Middle-Upper Proterozoic dolomite; 4—Sandstone of Dahongyu Group; 5—Yanshanian granite and porphyritic granite; 6—Yanshanian biotite quartz diorite; 7—Orebody; 8—Fault; 9—Unconformity.

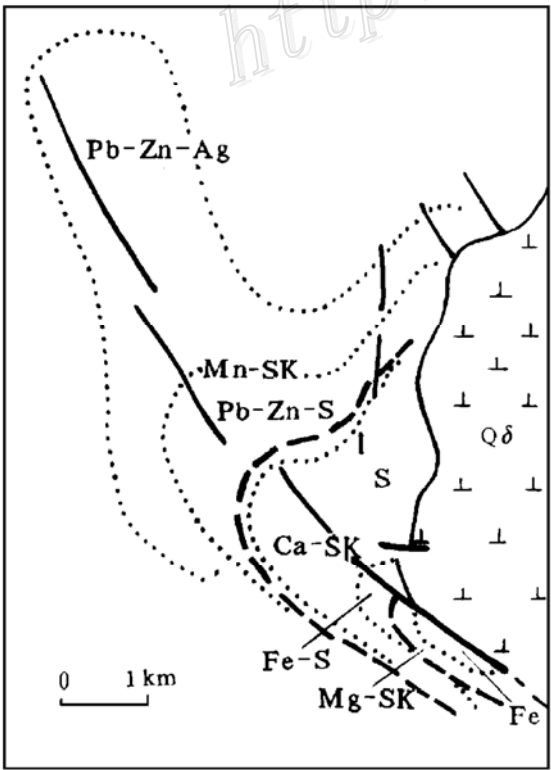


图 3 八家子 Pb-Zn(银)夕卡岩矿床的交代矿化分带略图

(据董永观^[2]和赵一鸣等^[3]资料)

Qδ—石英闪长岩；Mg-SK—镁夕卡岩带；Ca-SK—钙夕卡岩带；Mn-SK—锰质夕卡岩带；Fe—磁铁矿化带；Fe-S—磁铁矿化、黄铁矿化和磁黄铁矿化带；Pb-Zn-S—方铅矿化、闪锌矿化和黄铁矿化带；S—黄铁矿化带；Pb-Zn-Ag—方铅矿化、闪锌矿化和银矿化带；点线—矿化带界线；断线—夕卡岩带界线

Fig. 3. Schematic map of the Bajiazi Pb-Zn (Ag) skarn deposit, showing metasomatic zoning.

Mg-SK—Magnesian skarn zone; Ca-SK—Calcic skarn zone; Mn-SK—Manganoan skarn zone; Fe-S—Magnetite, pyrite and pyrrhotite zone; Pb-Zn-S—Galena-sphalerite-pyrite mineralization zone; S—Pyrite zone; Pb-Zn-Ag—Galena-sphalerite-silver mineralization zone. Dotted line indicates boundary of the mineralization zone, whereas broken line means boundary of the skarn zone.

表 2 八家子矿区三个含矿夕卡岩带的地质地球化学特性

Table 2. Geological and geochemical characteristics of three ore-bearing skarn zones in the Bajiazi ore district

含矿夕卡岩带	铁(钼)矿化镁夕卡岩带	铁(硫)矿化钙夕卡岩带	铅锌(银)矿化锰质夕卡岩带
夕卡岩矿物及其成分	透辉石(Di _{94.9~99.3} Hd _{0.7~4.4} Jo _{0~0.7}) 镁橄榄石 金云母	锰质透辉石(Di _{52.0~65.9} Hd _{6.4~24.2} Jo _{23.8~27.8}) 钙铁榴石(Gr _{0~0.7} And _{98.3~98.8} Sp _{1.0~1.2})	蔷薇辉石 锰铝榴石(Gr _{0~23.3} And _{0~8.5} Sp _{74.8~97.4})
退化热液交代矿物	透闪石、直闪石、镁绿泥石、蛇纹石、铁白云石	阳起石、萤石、石膏、菱铁矿	锰质阳起石、菱锰矿、 锰方解石、重晶石
矿化元素组合	Fe-Mo	S-Fe(Cu)	Pb-Zn-Ag
主要金属矿物	磁铁矿、辉钼矿、黄铁矿	黄铁矿、磁黄铁矿、磁铁矿、黄铜矿	闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黑硫银锡矿、自然银、金银矿、辉银矿
黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ 值	4.4~5.3	2.0~4.0	1.9~-7.4
成岩成矿温度(℃)	380~>507	280~>410	200~400

注：主要根据董永观，1986、作者和董永观等，1983、1989 两次野外调研和有关室内研究

3 内蒙古白音诺和浩布高 Pb-Zn (Cu、Sn) 矿床

白音诺和浩布高是两个大型夕卡岩铅锌矿床，位于大兴安岭中南段黄岗-甘珠尔庙成矿带。矿床受控于下二叠统海相火山碎屑岩和碳酸盐岩，在成因上主要与燕山期(171×10⁶~132×10⁶a) 浅成中酸性侵入岩有关^[4,5]。下面着重介绍白音诺夕卡岩铅锌矿床的分带情况：

表 3 白音诺矿区不同含矿夕卡岩带地质地球化学特征

Table 1. Geological and geochemical characteristics of different ore-bearing skarn zones in the Baiyinnuo ore district

矿化夕卡岩带	锡锌矿化钙夕卡岩带	铜锌矿化钙夕卡岩带	铅锌矿化锰(钙)质夕卡岩带
矿体	14 号矿体	铜锌矿体	1、2、3、4-8 号矿体
主要夕卡岩矿物及其成分	透辉石(Di _{84.8~97.3} Hd _{1.6~15.2} Jo _{0~1.1})； 钙铁榴石(And _{86.9~98.6} Gr _{1~11.3} Sp _{0.4~1.8})； 硅灰石	透辉石(Di _{68.1~95.3} Hd _{1.3~27.5} Jo _{1~6})； 钙铝榴石(And _{15.8} Gr _{82.7} Sp _{1.5})； 硅灰石	锰钙铁辉石-铁质锰钙辉石(Di _{0.8~32.8} Hd _{47.1~75.2} Jo _{13.4~52.1})； 钙铁榴石-钙铝榴石(And _{17.1~98.4} Gr _{0.1~78.9} Sp _{1.2~4})； 钙蔷薇辉石
主要金属矿物组合	磁黄铁矿、闪锌矿、硫铁锡铜矿、黄铜矿、磁铁矿	闪锌矿、黄铜矿、毒砂	闪锌矿、方铅矿
闪锌矿中 FeS 的含量(%)	16.6	4.6~11	3.8~10.9
闪锌矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值(‰)	1.7	0.3~-2.2	-5.0~-6.6
单斜辉石的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{smow}}$ 值(‰)	5.4	-3.5	-5.9~-12.4
矿石中锡的含量(10 ⁻⁶)	760	45	3~5
矿石中银的含量(10 ⁻⁶)	1~64	0~221	0~385
成岩成矿温度(℃)	450~340	425~327	400~300

白音诺矿床产于中生代火山断陷区中的局部隆起环境，控矿围岩为下二叠统黄岗梁组碳酸盐岩和碎屑岩。矿体呈似层状、透镜状、脉状，受轴向 NE、向 SW 倾伏的背斜构造控制，产于花岗闪长斑岩、石英正长斑岩小岩株、流纹质晶屑凝灰熔岩和下二叠统大理岩接触带的夕卡岩中，并受层间破碎带或褶曲顶部虚脱带的控制。研究表明，在白音诺矿区的西南部存在一个中生代晚侏罗世火山机构，它可能为热源中心，因此，从西南向东北方向可以分出三个明显的含矿夕卡岩带，即：① 锡锌矿化钙夕卡岩带；② 铜锌（砷）矿化钙夕卡岩带；③ 铅锌矿化锰（钙）质夕卡岩带。不同含矿夕卡岩带的夕卡岩类型、辉石成分、金属矿化组合、矿石中的 Zn/（Zn+Pb）比值和 Sn、Ag 含量，闪锌矿的含铁性、氧、硫同位素组成以及成岩成矿温度等，均有明显的差异，呈现出规律性的变化（表 3，图 4）。

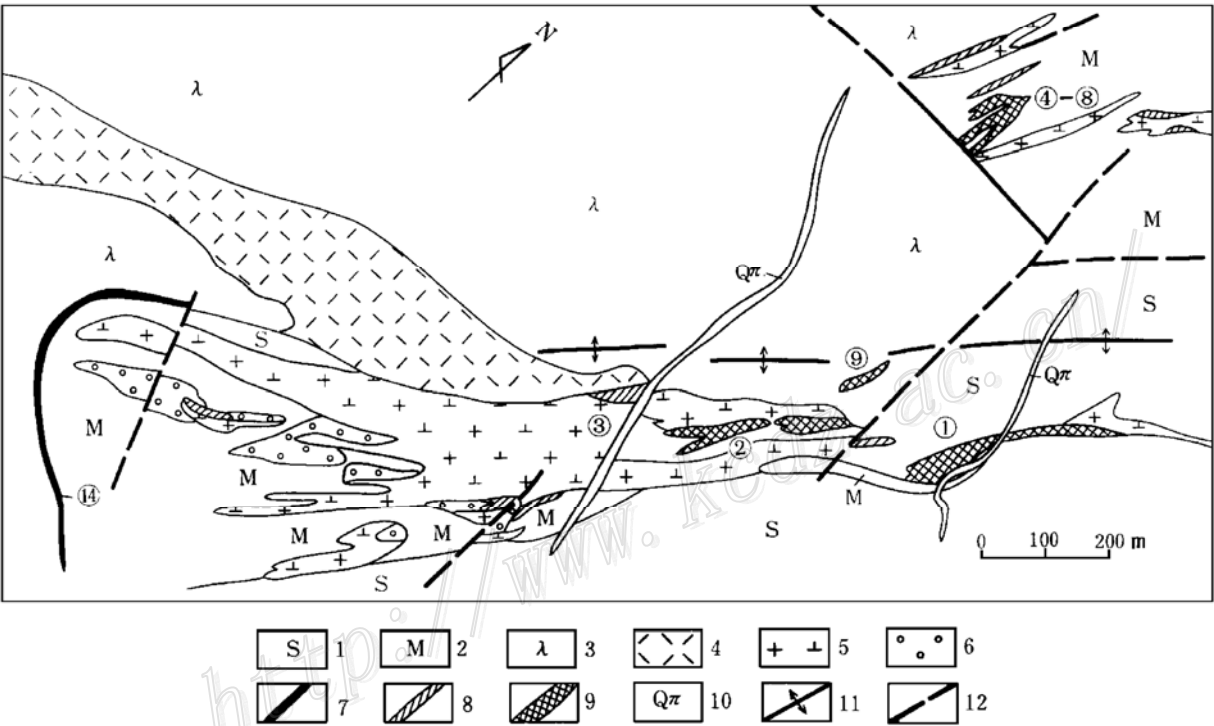


图 4 内蒙古白音诺夕卡岩 Pb-Zn（Cu、Sn）矿床地质略图
（据内蒙古地矿局第三地质队资料修改）

1—下二叠统板岩；2—下二叠统大理岩；3—上侏罗统火山岩；4—石英正长斑岩；5—花岗闪长斑岩；6—夕卡岩；7—钙夕卡岩锡锌矿床（Sn-Zn）；8—钙夕卡岩铜锌矿床（Cu-Zn）；9—锰（钙）质夕卡岩铅锌矿体（Pb-Zn）；10—石英斑岩；11—背斜轴；12—断裂；①～⑭—矿体编号

Fig. 4. Schematic geological map of the Baiyinnuo Pb-Zn (Cu, Sn) skarn deposit, Inner Mongolia.
1—Lower Permian slate; 2—Lower Permian marble; 3—Upper Jurassic volcanic rocks; 4—Quartz syenite porphyry;
5—Granodiorite porphyry; 6—Skarn; 7—Calcic skarn tin-zinc orebody (Sn-Zn); 8—Calcic skarn copper-zinc orebody (Cu-Zn); 9—Manganoean skarn lead-zinc orebody (Pb-Zn); 10—Quartz porphyry; 11—Anticlinal axis; 12—Fracture;
①～⑭—Serial number of the orebodies.

3.1 夕卡岩类型和矿物成分的变化

与 Sn、Zn 矿体和 Cu、Zn（As）矿体有关的夕卡岩均为钙夕卡岩，石榴石含量相对较多；与 Pb、Zn 矿体有关的夕卡岩则为锰（钙）质夕卡岩，石榴石含量明显减少。钙夕卡岩的矿物

组成为透辉石、石榴石和硅灰石，而锰（钙）质夕卡岩则主要由锰钙铁辉石和石榴石组成，局部有锰钙辉石和钙蔷薇辉石。夕卡岩矿物成分变化最明显的是辉石，从第一含矿夕卡岩带至第三含矿夕卡岩带，单斜辉石中的锰钙辉石分子和钙铁辉石分子逐渐增高，透辉石分子相应减少，即由透辉石变为锰钙铁辉石，甚至出现锰钙辉石（图 5）。三斜辉石的成分也由硅灰石变为钙蔷薇辉石。这不仅反映了矿物成分的变化，而且也说明其形成温度的降低。

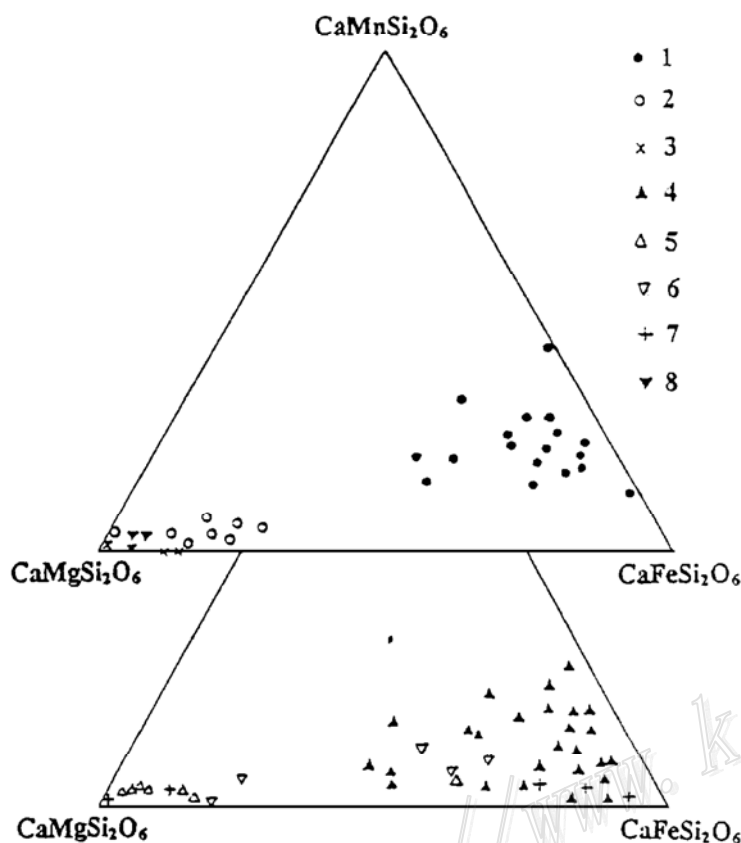


图 5 白音诺和浩布高 Pb-Zn-多金属夕卡岩矿床单斜辉石成分图

1、4—铅锌矿化锰钙铁辉石夕卡岩；2—铜锌矿化透辉石夕卡岩；3—锡锌矿化透辉石夕卡岩；5—磁铁矿化透辉石夕卡岩；6—黄铜矿化透辉石夕卡岩；7—锡石矿化透辉石夕卡岩

Fig. 5. Diagram showing composition of clinopyroxenes in the Baiyinnuo and Haobugao Pb-Zn-polymetallic skarn deposits.

1, 4—Pb-Zn-bearing manganohedenbergite skarn; 2—Cu-Zn-bearing diopside skarn; 3—Sn-Zn-bearing diopside skarn; 5—Magnetite-bearing diopside skarn; 6—Chalcopyrite-bearing diopside skarn; 7—Cassiterite-bearing diopside skarn.

3.2 金属矿化组合的变化

金属矿化组合自南西向北东方向的变化依次为：Sn (Zn) → Cu、Zn (As) → Zn (Pb) → Pb、Zn (Ag)。含锡锌钙夕卡岩带的矿石矿物组成为闪锌矿、磁黄铁矿和硫铁锡铜矿，含少量黄铜矿、磁铁矿；铜锌矿化钙夕卡岩带的矿石矿物组成主要为黄铜矿、闪锌矿和毒砂；而铅锌矿化锰（钙）质夕卡岩的金属矿物则主要为闪锌矿和方铅矿。

矿床中的硫盐矿物在空间分布上也有一定规律，南西部的锡锌矿体和铜锌矿体中，主要为含铋硫盐，如硫铋铜矿、哈硫铋铜铅矿和辉铋银铅矿等，常和黄铜矿、方铅矿、自然铋伴生；而在矿床北东部则主要为含锑硫盐矿物，如浓红银矿、柱硫锑铅银矿和脆银矿等，常与方铅矿、辉银矿等相伴。

3.3 硫、氧同位素组成和流体包裹体特征变化

对各含矿夕卡岩带中的闪锌矿和单斜辉石分别进行了 $\delta^{34}\text{S}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 值测定（表 4、5），发现它们和矿化交代分带关系密切，变化规律十分明显：即闪锌矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值和单斜辉石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值自西南向东北方向逐渐降低。在锡锌矿体中闪锌矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值和辉石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值相对较高，均为正值，分别为 1.7‰ 和 5.4‰；铜锌矿体中，这两种同位素组成开始降低，分别为 0.3‰ ~ 2.2‰ 和 -3.5‰；至铅锌矿体内，二者均降为负值，其中又以辉石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值降低更多，达 -5.9‰ ~ -12.4‰，平均为 -9.15‰。这说明，随着离热源中心距离的增大，含矿流体中有

较多大气降水加入，并混入了部分沉积地层中的硫源。

表 4 白音诺矿区不同含矿夕卡岩带 $\delta^{34}\text{S}$ 值的变化

Table 4. Variation in $\delta^{34}\text{S}$ values of different ore-bearing skarn zones of the Baiyinnuo ore district

序 号	样 号	采样位置	矿 物	$\delta^{34}\text{S}$ (‰)
1	XK001	Sn-Zn 矿体	闪锌矿	1.7
2	BCZ-1	Cu-Zn 矿体	闪锌矿	0.3
3	BCZ-3	Cu-Zn 矿体	闪锌矿	-2.2
4	BCZ-5	Cu-Zn 矿体	闪锌矿	-1.5
5	BNS-2	Pb-Zn 矿体	闪锌矿	-6.0
6	BNS-1	Pb-Zn 矿体	闪锌矿	-6.0
7	BNS-7	Pb-Zn 矿体	闪锌矿	-5.1
8	BNS-6	Pb-Zn 矿体	闪锌矿	-5.1
9	BN-1	Pb-Zn 矿体	闪锌矿	-5.4

注：由矿床地质研究所姚晓梅分析；样品 1 据雷蕴芬；序号 1—Sn-Zn 矿化钙夕卡岩带；2~4—Cu-Zn 矿化钙夕卡岩带；5~9—Pb-Zn 矿化锰（钙）质夕卡岩带

表 5 白音诺矿区不同含矿夕卡岩带 $\delta^{18}\text{O}$ 值的变化

Table 5. Variation in $\delta^{18}\text{O}$ values of different ore-bearing skarn zones of the Baiyinnuo ore district

序 号	样 号	采样位置	矿 物	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ (‰)
1	B164-344	Sn-Zn 矿体	透辉石	5.4
2	BCZ-1	Cu-Zn 矿体	透辉石	-3.5
3	BNS-2	Pb-Zn 矿体	Mn-钙铁辉石	-7.2
4	BNS-10	Pb-Zn 矿体	Mn-钙铁辉石	-8.0
5	BNS-4	Pb-Zn 矿体	锰钙辉石	-10.0
6	BNS-1	Pb-Zn 矿体	Mn-钙铁辉石	-12.4
7	BNS-7	Pb-Zn 矿体	Mn-钙铁辉石	-5.9
8	BN-1	Pb-Zn 矿体	Mn-钙铁辉石	-11.1

注：由矿床地质研究所万德芳分析；序号 1—Sn-Zn 矿化钙夕卡岩带；2—Cu-Zn 矿化钙夕卡岩带；3~8—Pb-Zn 矿化锰（钙）质夕卡岩带

张德全等^[5]对白音诺矿床的成矿流体演化进行了研究，其结果和矿化蚀变带的分布规律是一致的，成矿流体从矿床南西深部逐渐向北东部浅处运移过程中，由于其和周围介质不断发生能量和物质交换，流体的温度、盐度和氧逸度逐渐降低：盐度的变化是 15 wt%~47.5 wt% NaCl→2.5 wt%~15 wt% NaCl→2.5 wt%~5 wt% NaCl； f_{O_2} 为 10^{-22} → 10^{-27} Pa，由弱酸性向酸性（pH 5.1→4.6→3.8）演化，由氧化转为还原环境。硫逸度从早期至晚期增高（ f_{S_2} — 10^{-7} Pa→— 10^{-5} Pa）。

以上说明，白音诺矿区的成矿热源中心应在西南部，大致相当于白音诺山附近的晚侏罗世火山机构。成矿流体由南西向北东方向运移，导致温度、盐度、氧逸度的逐步降低，硫逸度的增高，流体成分也发生较大变化，并在后期有大量大气降水加入。夕卡岩类型由钙夕卡岩变为锰（钙）质夕卡岩，金属矿化组合也相应发生变化，由 Zn（Sn）→Cu、Zn（As）→Pb、Zn（Ag）。根据上述分带趋势，推测在 Pb、Zn 矿化锰（钙）质夕卡岩的东北部，有可能出现温度较低的 Pb、Ag 矿化交代带。这是今后普查工作中值得注意的问题。

位于白音诺东北部的浩布高夕卡岩 Pb、Zn、Cu、Sn 矿床的矿化交代分带序列和白音诺很相似，但与白音诺不同的是该矿床中 Fe-Sn 矿化十分发育，且出现多量锡石。自花岗岩接触带向下二叠统碳酸盐围岩方向依次可划分以下交代分带：钾长石化（条纹长石化）花岗岩带→Fe（磁铁矿）、Sn（锡石）矿化钙夕卡岩带→Cu（Zn）矿化钙夕卡岩带→Pb-Zn（Ag）矿

化锰(钙)质夕卡岩带。

综上所述,我国主要夕卡岩 Pb-Zn-多金属矿床的分带可大致划分为三个重要交代序列,即:

(1) Fe (Mo) -Pb、Zn 夕卡岩矿床的交代分带序列(矿床实例:福建马坑和大排)

辉绿 闪长岩	基性斜长石化辉绿闪长岩或透辉 石-斜长石交代岩(±辉钼矿化)	磁铁矿化(辉钼矿 化)钙夕卡岩	铅锌矿化锰质 夕卡岩	大理岩
-----------	-----------------------------------	--------------------	---------------	-----

(2) Pb-Zn (Ag) 夕卡岩矿床的交代分带序列(矿床实例:辽宁八家子)

石英 闪长岩	蚀变石英 闪长岩	磁铁矿化(±辉钼矿 化)镁夕卡岩	磁铁矿化、黄铁矿 化、磁黄铁矿化钙夕 卡岩	铅锌银矿化锰 质夕卡岩	白云质 大理岩
-----------	-------------	---------------------	-----------------------------	----------------	------------

(3) Pb-Zn-Cu-Sn 夕卡岩矿床的交代分带序列(矿床实例:内蒙古白音诺和浩布高,云南个旧)

花岗 岩类	钾长石化(局部基性 斜长石化)花岗岩类	铁-锡(钨)矿化 钙夕卡岩	铜锌(锡、砷)矿 化钙夕卡岩	铅锌(银)矿化 锰质夕卡岩	大理岩 和角岩
----------	------------------------	------------------	-------------------	------------------	------------

从第一分带序列至第三分带序列,有关岩浆岩的酸度逐渐增高,伴生的矿化组合也相应发生变化,由以 Fe (Mo) 矿化为主变为以 Pb、Zn (Ag) 矿化为主,并伴生 Cu、Sn 矿化,反映了一定的岩浆岩成矿专属性。

4 结 论

(1) Pb-Zn-多金属夕卡岩矿床常显示明显的交代分带,可大致划出为三个主要分带序列,反映一定的岩浆岩成矿专属性,其总的矿化分带序列如下: Fe (Mo) → Fe-Sn → Sn (W) -Cu → Cu-Zn → Zn-Pb (Ag)。在个别矿床中某些矿化交代带有可能缺失。

(2) 不同类型的夕卡岩与一定的矿化组合密切相关。Fe (Mo)、Sn、Cu (As) 矿化主要与镁夕卡岩或钙夕卡岩有关,而 Pb-Zn (Ag) 矿化则总是与锰(钙)质夕卡岩伴生。

(3) 这些矿化交代分带序列可作为重要的找矿标志之一。

参 考 文 献

- 1 赵一鸣,谭惠静,许振南等.闽西南地区马坑式钙夕卡岩型铁矿床.中国地质科学院矿床地质研究所所刊,1983,7 (1)(专辑1): 141
- 2 董永观.八家子铅锌矿矿化蚀变分带特征.矿床地质,1986,5 (4): 82~93
- 3 赵一鸣,林文蔚,毕承思等.中国夕卡岩矿床.北京:地质出版社,1990,354
- 4 赵一鸣,王大畏,张德全等.内蒙古东南部铜多金属成矿地质条件及找矿模式.北京:地震出版社,1994,234
- 5 张德全,雷蕴芬,罗太阳等.白音诺铅锌矿床矿化分带及矿液流向.矿床地质,1992,11 (3): 203~212
- 6 Zhao Yiming, Li Daxin. Mineralization and alteration zoning in the Gejiu tin ore field, Yunnan, China. Scientia Geologica Sinica, 1995, 4 (2): 179~192

METASOMATIC ZONING IN SOME MAJOR Pb-Zn-POLYMETALLIC SKARN DEPOSITS OF CHINA

Zhao Yiming

(*Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037*)

Key words: metasomatic zoning, Pb-Zn polymetals, skarn deposit, China

Abstract

Metasomatic zoning in some major Pb-Zn-polymetallic skarn deposits of China is very clear. From the contact zone of igneous rocks or the center of a heat source to carbonate wall rocks, there roughly exist three zonality sequences: ① Granitoids→K-feldspathized (partially basic-plagioclased) granitoids→calcic skarn (+cassiterite, magnetite, sphalerite)→calcic skarn (+chalcopyrite, sphalerite)→manganoan skarn (+sphalerite, galena, argentiferous minerals)→marble (Haobugao and Baiyinnuo, Inner Mongolia); ② Quartz diorite→altered quartz diorite→magnesian skarn (+magnetite+molybdenite)→calcic skarn (+magnetite, pyrite and pyrrhotite)→Manganoan skarn (+sphalerite, galena and argentiferous minerals)→dolomitic marble (Bajiazi, Liaoning); ③ Diabase-diorite→basic-plagioclased diabase-diorite (+molybdenite)→calcic skarn (+magnetite, +magnetite)→manganoan skarn (+sphalerite and galena)→marble (Makeng and Dapai, Fujian).

As a result of K-feldspathization or basic-plagioclasicization of igneous rocks in the endocontact, magnetite and mafic minerals (hornblende or biotite) have decomposed, forming distinct light-colored metasomatic zone.

Different types of skarns are closely related to respective mineralizations. Fe (Mo), Sn, Cu mineralizations are related to magnesian or calcic skarns, while Pb-Zn (Ag) mineralizations are invariably accompanied by manganoan skarns.

Investigation of fluid inclusions of minerals reveals that from the contact zone to carbonate country rocks, the forming temperatures of the ore-bearing skarns are reduced gradually in order of magnetite-bearing calcic skarn (600~400°C)→Sn (Cu, Zn)-bearing calcic skarn (450~327°C)→manganoan skarn with Pb-Zn (Ag) mineralization (400~200°C).

Systematic study of oxygen and sulfur isotopes of pyroxene and sphalerite from different metasomatic zones of the Baiyinnuo deposit shows that from the center of the heat source to the carbonate wall rocks, $\delta^{18}\text{O}$ values of pyroxenes and $\delta^{34}\text{S}$ values of sphalerites obviously decrease, with even the appearance of clear negative values in the Pb-Zn (Ag)-bearing manganoan skarn zone ($\delta^{18}\text{O} = 5.9 \sim 12.4\text{‰}$, $\delta^{34}\text{S} = 5.1\text{‰} \sim -6\text{‰}$), which indicates the participation of a lot of meteoric water in the course of lithogenesis and mineralization.