

再论含 Pb-Zn (Ag) 锰质夕卡岩建造*

Further Discussion on Pb-Zn-Ag-bearing Manganoan Skarn Formation

赵一鸣¹ 李大新¹ 董永观²

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 中国地质调查局南京地质矿产研究所, 江苏 南京 210016)

Zhao Yiming¹, Li Daxin¹, Dong Yongguan³

(1 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2 Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Bureau of Chinese Geological Survey, Nanjing 210016, Jiangsu, China)

摘 要 锰质夕卡岩建造由一套较特殊的 Mn (Ca, Mg, Fe, Al) 硅酸盐交代矿物所组成, 经常伴生 Pb-Zn (Ag) 矿化, 大多产于距侵入体接触带有一定距离的碳酸盐围岩中, 并往往和产于侵入体接触带伴生 Fe、Cu、W、Sn 矿化的钙 (镁) 夕卡岩构成一定的交代矿化分带。锰质夕卡岩生成时间比钙 (镁) 夕卡岩稍晚, 成岩温度也比后者要低。产于不同碳酸盐围岩 (灰岩或白云岩) 中和伴生不同金属矿化 (Pb-Zn 或 Ag-Pb-Zn) 的锰质夕卡岩矿物组成有一定差别。因此, 锰质夕卡岩是评价含 Pb-Zn-Ag 夕卡岩矿床的重要找矿标志。

长期以来, 国际上对夕卡岩的分类, 一直主要按其矿物成分的不同及其所反映的被交代碳酸盐围岩岩性的差异, 划分为钙夕卡岩和镁夕卡岩两大类 (Коржинский, 1995; Жариков, 1968; Einaudi 等, 1981)。前者的围岩为灰岩, 而后者的围岩则为白云岩类。钙夕卡岩主要由钙铁-钙铝系列石榴石、透辉石-钙铁辉石系列辉石、硅灰石、符山石和方柱石等组成, 而镁夕卡岩的主要组成矿物则为镁橄榄石 (或其蚀变矿物蛇纹石)、透辉石、镁尖晶石、金云母和硅镁石族矿物等。

笔者通过对辽宁八家子、福建马坑、大排和内蒙古白音诺等 Pb、Zn (Ag) 多金属矿床的研究, 曾提出一个新的含 Pb、Zn (Ag) 的锰质夕卡岩建造的意见 (赵一鸣等, 1983, 1990, 1997b; 董永观, 1986; Zhao, 1991)。锰质夕卡岩由一套较特殊的 Mn (Ca、Mg、Fe、Al) 硅酸盐矿物所组成, 经常伴生 Pb、Zn 或 Ag、Pb、Zn 矿化。它在矿物组合、产出地质位置、伴生金属矿化和成岩成矿物理化学条件等方面, 明显不同于钙夕卡岩和镁夕卡岩建造, 是评价 Pb、Zn、Ag 夕卡岩的重要找矿标志。因此, 我们把它作为一个独立的含矿夕卡岩建造划分出来。

近年来, 在国家自然科学基金项目的资助下, 我们对辽宁八家子和江西焦里两个含 Ag-Pb-Zn 的锰质夕卡岩矿床作了进一步深化研究, 并和类似矿床作对比, 在含矿锰质夕卡岩建造方面取得了更多的资料。现对它作进一步讨论。

1 锰质夕卡岩建造产出的地质环境

1.1 构造背景

锰质夕卡岩建造产出的构造背景主要有以下 3 类:

1.1.1 大陆边缘造山带

这是锰质夕卡岩建造产出最重要的构造背景, 其实例有产于华南造山带东部的湖南柿竹园外围有关 Ag-Pb-Zn 矿床、江西焦里 Ag-W-Pb-Zn 矿床、福建马坑 Fe (Mo、Pb-Zn) 矿床和大排 Pb-Zn 矿床 (赵一鸣等, 1997a; 2001)、美国新墨西哥州 Groundhog Pb-Zn (Ag) 矿床 (Meinert, 1987)、澳大利亚东部的 Ban Ban Zn (Cu, Pb) 矿床 (Ashley, 1980)、墨西哥的 Naica Ag-Pb-Zn 矿床 (Einaudi et al., 1981)、秘鲁的 Uchucchacua Ag-Mn-Pb-Zn 矿床 (Bussell et al., 1990) 和阿根廷西部的 Aguilar Pb-Zn-Ag (Gemmiel et al., 1992)。

含矿锰质夕卡岩及有关侵入岩大多为晚造山期或造山期后中生代构造岩浆活化带的产物。

1.1.2 陆块边缘断裂拗陷区

产于该类构造环境的辽宁八家子 Ag-Pb-Zn (Cu, S, Fe) 矿床和韩国的 Yeonhwa Ulchin Pb-Zn (Cu, Ag) 矿床 (Yun, 1982)。

* 本文得到国家自然科学基金 (40073016) 的资助

第一作者简介 赵一鸣, 男, 1934 年生, 研究员, 博士生导师, 主要从事金属矿床地质地球化学研究。

1.1.3 岛弧区

已知锰质夕卡岩建造仅见于日本中部的 Nakatatsu、Kamioka 和 Chichibu Pb-Zn (Cu, Fe, Ag) 矿床 (Shimizu et al., 1982)。

1.2 围岩条件

锰质夕卡岩建造产出的围岩时代从前寒武纪、古生代到新生代都有, 但以古生代为主。围岩岩性大多为灰岩或大理岩, 夹有粉砂岩、砂岩或泥质页岩, 只有个别矿区的围岩为白云质大理岩, 如辽宁八家子。值得注意的是, 八家子高于庄组白云质大理岩中含锰较高, 达 0.13%~0.64%^①。在八家子北部中元古宙地层中有著名的瓦房子沉积锰矿床产出。因此, 该矿床锰质夕卡岩的锰可能主要由沉积的碳酸盐地层提供。

1.3 有关岩浆岩

与锰质夕卡岩建造有关的岩浆岩主要为中酸性和酸性浅成小侵入体, 包括石英闪长岩、石英二长闪长岩、石英二长岩、花岗闪长(斑)岩、花岗岩和花岗斑岩等, 大多呈岩株、岩脉或岩墙状产出。统计表明, 岩体形成的时代, 大部分为燕山期 (137~177 Ma), 少数为喜山期, 后者如美国新墨西哥州 Groundhog 的花岗闪长斑岩、石英二长斑岩 (Meinert, 1987) 和日本中部 Nakatatsu 矿区的花岗斑岩 (Shimizu et al., 1982), 个别则为印支期, 如澳大利亚东部 Ban Ban 矿区的石英二长岩 (Ashley, 1980)。

与含锰质夕卡岩有关的侵入岩主要形成于相对较还原的环境。根据部分岩体的 $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)/w(\text{FeO})$ 比值较低, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值 (0.706~0.746) 和稀土元素分布特征等, 岩浆岩属重熔型或同熔型向重熔型过渡的产物 (赵一鸣等, 2001)。

2 锰质夕卡岩的矿物组成

锰质夕卡岩由一套较特殊的 Mn (Ca, Mg, Fe, Al) 硅酸盐矿物所组成。由于被交代碳酸盐围岩岩性的不同, 锰质夕卡岩的矿物组合也有一定差别。当围岩为白云质大理岩 (夹粉砂岩和泥质页岩) 时, 可能出现锰质透辉石、锰质透闪石、镁质锰三斜辉石、镁质蔷薇辉石、锰铁橄榄石、锰铝榴石、锰镁闪石、锰直闪石和锰热臭石等, 矿床实例是辽宁八家子。当围岩为灰岩或大理岩 (夹粉砂岩或泥质页岩) 时, 则可能出现锰质钙铁辉石、锰钙辉石、钙蔷薇辉石、锰三斜辉石、蔷薇辉石、锰铝榴石、锰质钙铝榴石、锰橄榄石、锰质阳起石、锰质黑柱石, 少数矿区还有锰质符山石、锰铁闪石、红帘石和日光榴石等。国内外绝大多数含 PbZn (Ag) 夕卡岩矿床中的锰质夕卡岩属于此类。

与锰质夕卡岩伴生的金属矿物, 主要有黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、硫锰矿、黄铜矿、各种银矿物和硫酸盐矿物等。锰质夕卡岩期后叠加的热液交代矿物, 可能有石英、萤石、方解石、菱锰矿、锰方解石、锰白云石和锰质绿泥石等。

下面就几种主要的锰质夕卡岩矿物作一概述:

2.1 锰质单斜辉石

锰质单斜辉石是锰质夕卡岩的重要组成矿物之一, 可进一步分为锰质钙铁辉石、锰钙辉石和锰质透辉石 3 种。其中以锰质钙铁辉石分布最广。锰质钙铁辉石和锰钙辉石的被交代围岩为灰岩, 而锰质透辉石的围岩则为白云岩。

2.1.1 锰质钙铁辉石

这是夕卡岩 Pb-Zn (Ag) 矿床中较常见的矿物。它可以组成单矿物夕卡岩, 或与钙铁榴石、锰质钙铝榴石、锰铝榴石和锰质黑柱石等共生。矿物一般呈较大的柱状、放射状或细粒状集合体。大量分析结果表明, 锰质钙铁辉石不但含 FeO 较高 (11%~24%), MnO 含量也偏高 (2%~17%)。矿物端员分子为: $\text{Hd}_{49-89}\text{Jo}_{8-48}\text{Di}_{1-48}$ (图 1)。

2.1.2 锰钙辉石

这是笔者等 (1990) 在研究福建大排铅锌矿床时, 在国内首次发现的矿物。它常组成单矿物夕卡岩, 伴生晚期黄铁矿、闪锌矿、方铅矿和石英、方解石等。矿物外表为淡粉色, 呈柱状集合体产出。其光性特点是光轴角明显比钙铁辉石大, $2V(+)=73^\circ$, 消光角也偏大, $C \wedge Ng=52\sim 54^\circ$ 。化学成分特点 MnO 很高, 达 22.25~26.1%。矿物端员分子为: $\text{Jo}_{69-77}\text{Hd}_{16-22}\text{Di}_{1-8}$ (图 1)。

2.1.3 锰质透辉石

锰质透辉石仅见于以白云岩为围岩的 Ag-Pb-Zn 夕卡岩矿床中 (辽宁八家子)。矿物外表和镜下特征与一般透辉石十分相似, 只是光轴角比透辉石稍大 ($+2V=63\sim 66^\circ$)。MnO 的含量偏高 (5.4~11.2%)。矿物端员分子为: $\text{Di}_{56-70}\text{Jo}_{16-29}\text{Hd}_{12-16}$ (图 1)。

2.2 锰质似辉石

锰质似辉石属三斜晶系, 在锰质夕卡岩中主要有 3 种, 即钙蔷薇辉石、锰三斜辉石和蔷薇辉石。硅灰石、钙蔷薇石和

① 熊兰生, 余日升, 刘培梧, 等. 1992. 辽宁省中下元古宙铅锌成矿控制因素. 内部报告.

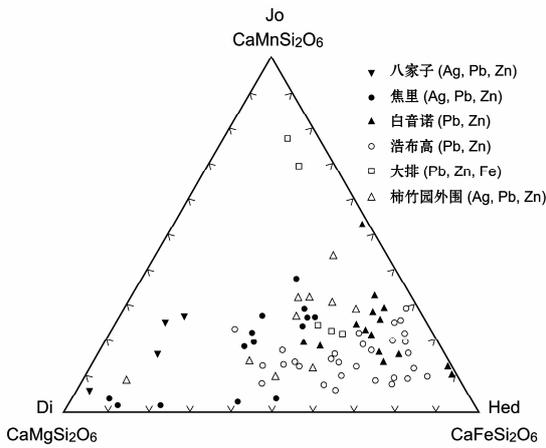


图1 锰质夕卡岩中单斜辉石的成分三角图

八家子、焦里和大排的资料据本文；白音诺、浩布高的资料据赵一鸣等，1997c；柿竹园外围的资料据毛景文等，1998

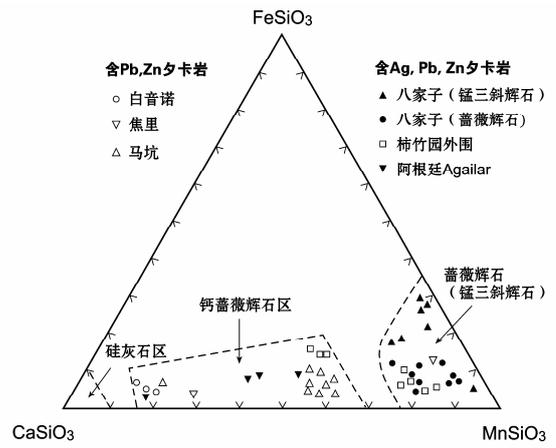


图2 锰质夕卡岩中锰质似辉石的成分三角图

(用MnSiO₃、CaSiO₃和FeSiO₃的摩尔百分比表示)
八家子、白音诺的分析资料据本文；马坑资料据赵一鸣等，1983；柿竹园外围资料据毛景文等，1998；Aguilar 的资料据 Gemmell，1992

蔷薇辉石（锰三斜辉石）之间有一定类质同像关系，但成分上不连续，有两个不大的间断区（图2）。

锰质似辉石的生成一般比锰质单斜辉石要晚，常见伴有多量 Ag-Pb-Zn 矿化的锰质似辉石夕卡岩呈脉状或网脉状交代锰质钙铁辉石夕卡岩。

2.2.1 钙蔷薇辉石

钙蔷薇辉石仅见于以灰岩为围岩的锰质夕卡岩中，常呈纤维状、放射状集合体产出，外表为淡粉色，风化面为灰褐色。其成分变化较大，主要表现为CaSiO₃（Woll）和MnSiO₃（Rd）的类质同像替代，而FeSiO₃（Fs）的含量不高。矿物端员分子相应变化如下：Rd₁₅₋₆₇Woll₃₀₋₇₉Fs₃₋₁₆（图2）。

2.2.2 锰三斜辉石和蔷薇辉石

锰三斜辉石和蔷薇辉石外表均为玫瑰红色，呈厚板状集合体，因此，在野外两者不易区分。一般锰三斜辉石的产出离侵入体接触带稍近，而蔷薇辉石则较远，说明后者形成温度要更低一些。笔者最近对八家子矿区大量产出的过去一直被称为“蔷薇辉石”的矿物，在弗氏台上对其光轴角作了系统的测定，发现其中有相当部分矿物+2V=38~45°，即属于锰三斜辉石，而另一些+2V=60~70°，属蔷薇辉石。

大量探针分析结果表明，两者在化学成分上也有一定差别（图2）。锰三斜辉石CaO含量较低（0.22%~1.57%），而FeO则相对较高（9.8%~14.1%）或MnO含量很高（46.7%~50%）。蔷薇辉石的CaO含量相对较高（3.0%~7.6%），而FeO则比锰三斜辉石低（3.8%~5.4%）。以白云岩类为围岩的锰质夕卡岩中（八家子），蔷薇辉石的MgO含量都偏高（1.4%~3.3%），化学分子式中Mg的系数达0.26~0.62，均超过0.25，可命名为镁质蔷薇辉石。部分锰三斜辉石的MgO也偏高（1.6%~5.0%），Mg离子系数达0.31~0.93，也可进一步命名为镁质锰三斜辉石。

2.3 锰质石榴石

已有资料表明，含Ag-Pb-Zn锰质夕卡岩中的石榴石主要为锰铝榴石（如辽宁八家子、湖南柿竹园外围和阿根廷的Aguilar等矿床），局部为锰质钙铝榴石，如江西焦里（图3）。

锰铝榴石中，锰铝榴石分子（Sp）高达54.7%~88.7%，铁铝榴石（Alm）分子也较高，大多为3.7%~15.9%，部分可高达20.2%~26.2%。研究表明，锰铝榴石或锰质钙铝榴石较发育的矿区，在碳酸盐围岩中有一定量泥质或粉砂质岩石夹层，说明矿物中的铝，可能是就地取材的。

含Pb-Zn的锰质夕卡岩中，石榴石多为钙铁榴石，如内蒙古白音诺、浩布高和福建马坑、大排等矿区所见（图3）。

2.4 锰质闪石

锰质闪石主要见于含Ag-Pb-Zn的锰质夕卡岩中，其生成一般较锰质单斜辉石稍晚。锰质闪石的种类在不同碳酸盐围岩中是不一样的。在以白云质大理岩为围岩的矿床中，锰质闪石的类型较多，有锰质透闪石、锰直闪石和锰镁闪石，而且具有明显的分带性。从侵入体接触带向镁质大理岩方向，闪石的类型逐渐发生变化，依次为：透闪石→锰质透闪石→锰直闪石→镁镁闪石，伴生的金属矿化也相应作如下变化：Fe（Mo）→Cu-S-Fe→S-Cu（Zn）→Ag-Pb-Zn。

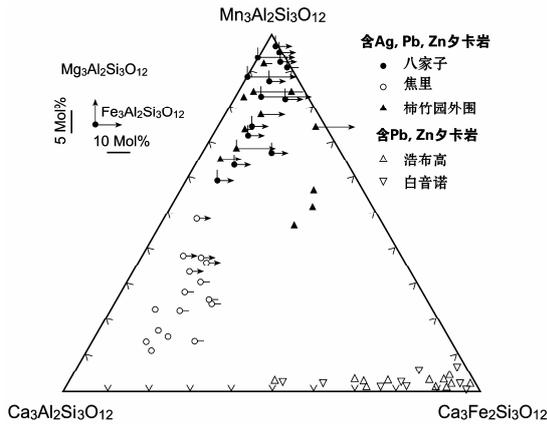


图 3 锰质夕卡岩中石榴石成分三角图

(八家子和焦里的资料据本文; 浩布高、白音诺的资料据赵一鸣等, 1997c; 柿竹园外围的资料据毛景文等, 1998)

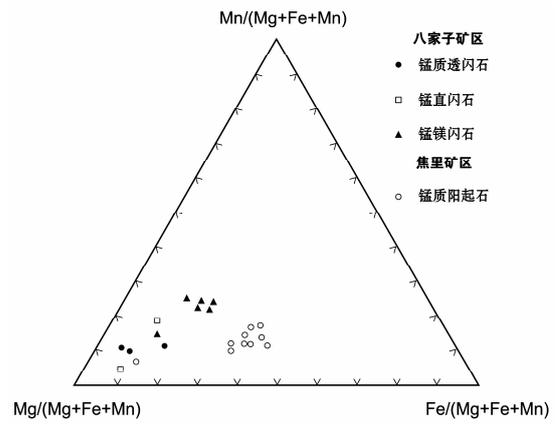


图 4 夕卡岩 Ag-pb-Zn 矿床中锰质闪石的成分

(用 $Mg/(Mg+Fe+Mn)$, $Fe/(Mg+Fe+Mn)$ 和 $Mn/(Mg+Fe+Mn)$ 的摩尔百分比表示)

在上述锰质闪石中, 锰直闪石可能是一个新变种, 而锰镁闪石及与其伴生的锰热臭石则在国内是首次发现。这也是我们最近在国家自然科学基金资助下的新成果之一。有关这三个罕见的锰质交代矿物, 作者将另外引文进行报道。

在以灰岩为围岩的锰质夕卡岩中(如江西焦里和福建马坑等), 锰质闪石多属锰质阳起石, 少数矿区还有锰铁闪石产出, 如美国新墨西哥州的 Groundhog (Meinert, 1987) 和韩国的 Yeonhwa-Ulchin (Yun et al., 1982)。锰质阳起石常和石英、萤石和方解石等退化热液交代矿物以及 Ag、Pb、Zn 等金属硫化物紧密共生, 明显叠加于锰质钙铝榴石和锰质钙铁辉石之上。

3 含矿锰质夕卡岩的产出位置和分带

含 PbZn Ag 锰质夕卡岩常呈透镜状、似层状、脉状或囊状产于侵入体外接触带碳酸盐岩的断裂或层间断裂面中, 一般距接触带有一定距离, 而不是直接产于侵入体接触带。在侵入体接触带常有含有 Fe、Cu、W、Sn 等矿化的钙夕卡岩或镁夕卡岩产出。因此, 两者在空间上往往显示出明显均分带性 (赵一鸣, 1997a, 赵一鸣等, 2001)。

下面例举几个较典型的锰质夕卡岩建造的矿化夕卡岩分带模式:

3.1 辽宁八家子 (本文)

石英二长闪长岩 → 钾化石英二长闪长岩或透辉石-条纹长石交代岩带 → 磁铁矿化镁夕卡岩带 → Cu (Fe, S, Zn) 矿化锰质镁夕卡岩带 → Ag、Pb、Zn 矿化锰质夕卡岩带 → 白云质大理岩。

3.2 江西焦黑 (本文)

花岗闪长岩 → 钾化花岗闪长岩带 → 白钨矿化钙夕卡岩带 → Ag、Pb、Zn 矿化锰质夕卡岩带 → 变质粉砂岩

3.3 内蒙古浩布高 (本文)

花岗岩 → 钾化花岗岩带 → Fe、Sn 矿化钙夕卡岩带 → Cu (Zn) 矿化钙夕卡岩带 → Pb、Zn (Ag) 矿化锰质夕卡岩带 → 大理岩。

表 1 锰质夕卡岩及与其有关的钙 (镁) 夕卡岩形成的温度

产地	锰质夕卡岩矿物	包裹体均一温度、盐度 (钙镁夕卡岩矿物)	包裹体均一温度、盐度	资料来源
辽宁八家子	锰三斜辉石和蔷薇辉石	220~410°C, $w(\text{NaCl}_{\text{eq}}) = 7\% \sim 16\%$	镁夕卡岩中的镁橄榄石和透辉石 大部分 >550°C	本文
湖南柿竹园	矿区外围野鸡尾含 Ag、Pb、Zn 的锰质似辉石	224~274°C	石榴石 (柿竹园 WSn 452~650°C, $w(\text{NaCl}_{\text{eq}}) = 33\% \sim 51\%$ BiMo 矿段)	毛景文等, 1988
福建马坑	锰质钙铁辉石钙蔷薇辉石	200~420°C	透辉石和钙铁辉石	390~650°C, $w(\text{NaCl}_{\text{eq}}) = 33\% \sim 51\%$ 赵一鸣等, 1983
内蒙古白音诺	锰质钙铁辉石	325~400°C	透辉石	340~480°C 张德全, 1992
内蒙古浩布高	锰质钙铁辉石	320~400°C	钙铁辉石和这辉石	450~640°C 张德全, 1993
新墨西哥州 Groundhog	锰质辉石和似辉石	260~350°C	—	— Meinert, 1987

3.4 美国新墨西哥州 Groundhog (据 Meinert, 1987)

花岗闪长岩和石英二长斑岩→Fe、Cu矿化钙夕卡岩带→Pb、Zn (Ag)矿化锰质夕卡岩带→大理岩。

4 含Ag Pb Zn 锰质夕卡岩的形成温度

由于含Ag, Pb, Zn的锰质夕卡岩通常产于岩侵入岩接触带成热源中心有一定距离的外接触带碳酸盐围岩中,属于渗滤交代型夕卡岩。因此,其形成温度必然会比产于侵入岩接触带或靠近热源中心的钙(镁)夕卡岩要低。许多矿区锰质夕卡岩的流体包裹体测温研究也证明了这一点。从表1可以明显地看出,钙夕卡岩或镁夕卡岩矿物中包裹体的均一温度一般较高,达340~650℃;含盐度也相应较高,可高达27%~51wt% NaCl_{eq}而锰质夕卡岩矿物中包裹体的均一温度则为220~420℃,明显低于前者,大体与其伴生矿化闪锌矿中包裹体的均一温度(230~380℃)较接近,含盐度也相对较低,w(NaCl_{eq})7%~16%。

5 结论

(1) 大量研究资料证明,在国内外夕卡岩Pb-Zn和Ag-Pb-Zn矿床中,普遍存在较特殊的由一套Mn(Ca,Mg,Fe,Al)硅酸盐矿物组成的锰质夕卡岩。它既不同于钙夕卡岩,也不同于镁夕卡岩,可建立一个独立的含矿锰质夕卡岩建造。

(2) 锰质夕卡岩建造产出的构造环境主要是大陆边缘造山带中的中(新)生代构造岩浆活化带,次为陆块边缘断拗区和岛弧区。

(3) 含Pb、Zn (Ag) 锰质夕卡岩常产于距侵入体接触带有一定距离的碳酸盐围岩断裂裂隙中,属渗滤交代型夕卡岩,其成岩成矿温度明显较含矿钙(镁)夕卡岩要低。它和产于侵入体接触带的含Fe,Cu,W,Sn钙(镁)夕卡岩,常在一个矿区或矿田中共生,构成一定的交代矿化分带。

(3) 锰质夕卡岩是评价含Pb,Zn,Ag夕卡岩矿床的重要找矿标志。

参考文献

- 董永观. 1986. 八家子夕卡岩铅锌矿床的蚀变矿化分带特征. 矿床地质, 5(4): 82-93.
- 毛景文, 李红艳, 宋学信, 等. 1988. 湖南柿竹园钨锡钼多金属矿床地质与地球化学. 北京: 地质出版社, 11~25.
- 张德全, 雷蕴芬, 罗太阳, 等. 1992. 白音诺铅锌矿床的矿化分带和流体流动方向. 矿床地质, 11(3): 203-212.
- 张德全. 1993. 浩布高铅锌铜锡夕卡岩矿床分带及成因探讨. “大兴安岭及邻区铜多金属矿床论评论文集”. 北京: 地震出版社, 110-115.
- 赵一鸣, 谭惠静, 许振南, 等. 1983. 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刊, 专辑1. 北京: 地质出版社, 1~141.
- 赵一鸣, 林文蔚, 毕承思, 等. 1990. 中国夕卡岩矿床. 北京: 地质出版社, 1~345.
- 赵一鸣. 1997a. 我国一些重要夕卡岩Pb-Zn多金属矿床的交代分带. 矿床地质, 16(2): 120-130.
- 赵一鸣, 张铁男, 林文蔚. 1997b. 我国夕卡岩矿床中的辉石和似辉石特征及其与金属矿化的关系. 矿床地质, 16(4): 318-329.
- 赵一鸣, 张德全, 等. 1997c. 大兴安岭及其邻区铜多金属矿床成矿规律与远景评价. 北京: 地震出版社, 1-318.
- 赵一鸣, 李大新, 毕承思, 等. 2001. 我国含银夕卡岩矿床的分布和地质特征. 地质地质, 20(2): 153-162.
- Ashley P M. 1980. Geology of the Ban Ban zinc deposit, a sulfide-bearing skarn, southeast Queensland, Australia. Econ. Geol., 75(1): 15-29.
- Bussell M A, Alpers C N, Petersen U, et al., 1990. The Ag-Mn-Pb-Zn vein, replacement, and skarn deposits of Uchucchacua, Peru: studies of structure, mineralogy, metal zoning, Sr isotopes, and fluid inclusions. Econ. Geol., 85(7): 1348-1383.
- Einaudi M T, Meinert L D, Newberry R T. 1981. Skarn deposits. Econ. Geol., 75th Anniv: 317-391.
- Gemmell J B, Zantop H and Meinert L D. 1992. Genesis of the Aguilar zinc-lead-silver deposit, Argentina; contact metasomatic vs. sedimentary exhalative. Econ. Geol., 87(8): 2085-2112.
- Meinert L D. 1987. Skarn zonation and fluid evolution in the Groundhog mine, Central mining district, New Mexico. Econ. Geol., 82(3): 523-545.
- Shimizu M and Iiyama J T. 1982. Zinc-lead skarn deposits of the Nakatatsu Mine, Central Japan. Econ. Geol., 77(4): 1000-1012.
- Yun S and Einaudi M T. 1982. Zinc-lead skarns of the Yeonhwa-Ulchin district, South Korea. Econ. Geol., 77(4): 1013-1032.
- Zhao Y M. 1991. Manganian skarn formation. In: Skarns -their genesis and metallogeny. Theophrastus Publications S. A. Athens, 165-180.
- Жариков В А. 1968. Скарновые Месторождения. В кн. “Генезис Эндеогенных Месторождений. Москва: “Наука”. 220-300.
- Коржинский Д С. 1955. Очерк метасоматических процессов. В сб. “Основные Проблемы В учении о Магматических Рудных Месторождениях”. 2-е изд. Издат. АН СССР, Москва: 335-456.