

新疆阿舍勒块状硫化物 矿床成矿特征及形成环境^①

贾群子

(中国地质科学院西安地质矿产研究所, 西安)

提 要: 阿舍勒块状硫化物矿床位于阿尔泰华力西地槽系南缘。容矿岩石为中、下泥盆统富钠的火山岩系, 为双峰式火山岩组合, 系弧后扩张背景下的产物。矿床具双层结构, 并具有明显的垂向分带和侧向分带。矿体下盘火山岩发生了强烈地蚀变作用, 形成由石英+绢云母+绿泥石+黄铁矿组成的半整合蚀变带。同位素研究表明, 硫由海水硫酸盐和岩石中硫化物所提供, 铅具深源的特征。通过对比, 认为阿舍勒矿床与矿区阿尔泰的块状硫化物矿床相似。

主题词: 块状硫化物矿床 火山岩系 垂直分带 形成环境 新疆阿舍勒

阿舍勒块状硫化物矿床是目前国内发现的重要块状硫化物矿床之一, 亦是阿尔泰南缘铜多金属成矿带中唯一大型块状硫化物矿床。新疆地矿局第四地质大队对矿床曾进行过勘探, 一些科研单位先后对该矿床开展了研究工作, 并作过一些报导(陈元正, 1989; 赵云长等, 1992)^[1,2]。在前人工作的基础上, 笔者对该矿床亦做了一些研究工作, 依据新获得的一些资料, 对容矿火山岩系及矿床形成环境、矿床产出及分带特征、围岩蚀变、变形变质作用等问题作了相应的研讨, 以期推动阿尔泰地区该类矿床的研究工作。

1 矿区地质概况

矿床位于阿尔泰地槽带南缘, 额尔齐斯断裂带北侧, 玛尔卡库里断裂附近。北西与哈萨克斯坦矿区阿尔泰黄铁矿-多金属成矿带相接。

矿区构造复杂。它位于阔勒德能复向斜的南西翼, 在此基础之上又叠加了一系列近南北向的褶皱构造, 向斜枢纽均为向南扬起, 背斜则向北倾伏。矿区构造线呈近南北向(图1)。在矿区外, 向南或向北, 均与区域北西向构造线趋于一致。总体变化与玛尔卡库里大断裂的走向变化一致, 并受其严格控制。

矿区出露地层为泥盆纪火山-沉积岩系。新疆地矿局第一区调队(1992)根据取得的化石资料将其划分为上泥盆统齐也组和中、下泥盆统阿舍勒组^②。地层普遍遭受绿片岩相的变质作用。中一下泥盆统托克萨雷组分布于玛尔卡库里大断裂西南侧, 为海相碎屑岩夹硅质岩、碳

① 贾群子, 男, 33岁, 硕士, 助理研究员, 主要从事块状硫化物矿床和火山岩研究工作。邮政编码: 710054。

1995-5-17 收稿; 1995-11-28 修改回

② 新疆地矿局第一区调队, 1992, 新疆哈巴河县阿舍勒铜矿成矿有关的基础地质研究报告

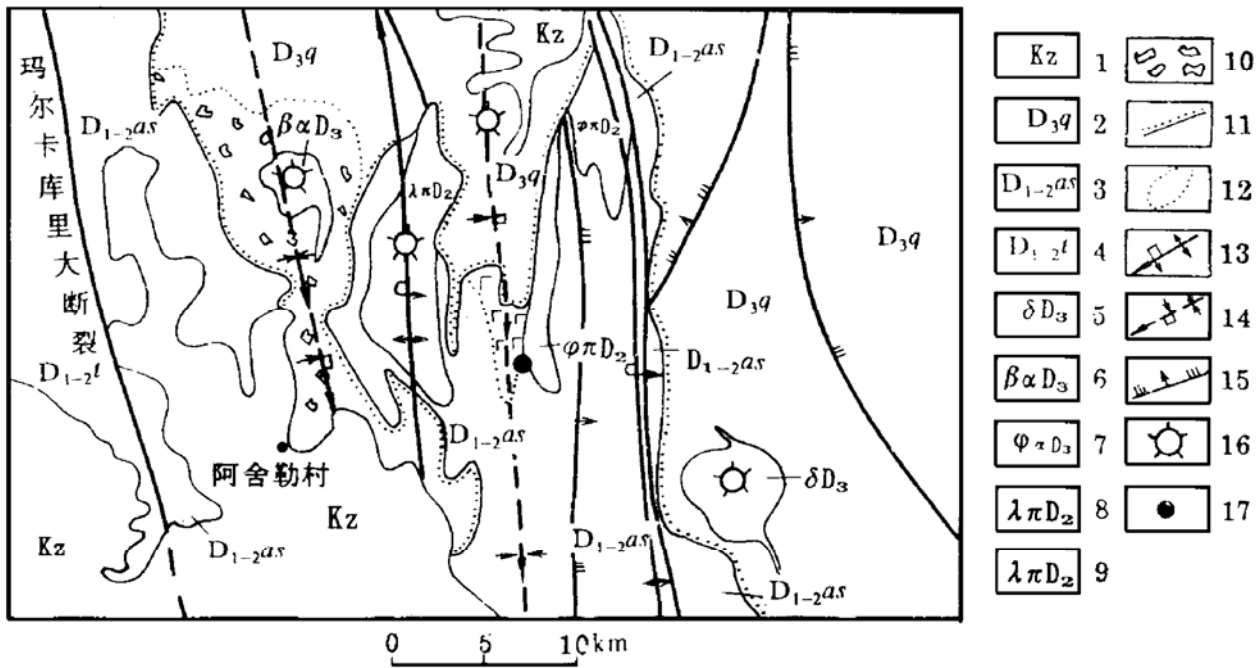


图1 阿舍勒矿区地质略图

(据新疆地矿局第四地质大队资料修编)

1—新生界；2—上泥盆统齐也组；3—中下泥盆统阿舍勒组；4—中下泥盆统托克萨雷组；5—闪长岩；6—辉绿岩；7—英安斑岩；8—石英钠长斑岩；9—玄武岩；10—集块岩；11—不整合界线；12—岩相界线；13—背斜；14—向斜；15—压性断裂；16—古火山口；17—阿舍勒矿床

Fig. 1. Geological sketch map of the Ashele mining area.

1—Cenozoic; 2—Upper Devonian Qiye Formation; 3—Middle-Lower Devonian Ashele Formation; 4—Middle-Lower Devonian Tuokeesalei Formation; 5—Diorite; 6—Diabase; 7—Dacite-porphry; 8—Quartz albitophyre; 9—Basalt; 10—Volcanic agglomerate; 11—Unconformity; 12—Lithofacies boundary; 13—Anticline; 14—Syncline; 15—Compression fault; 16—Paleocrater; 17—Ashele deposit.

酸盐岩沉积建造。与阿舍勒组为同期异相。

阿舍勒组 (D_{1-2as}) 分布于矿区的南部、中部及西部，与上覆齐也组不整合接触。按其岩性分为上下两段：下岩性段分布于矿区南部和西部，主要为石英角斑质凝灰岩（局部含火山泥球）、角砾凝灰岩、沉凝灰岩、凝灰质粉砂岩、硅质岩，夹大理岩，相当于艾姆斯阶；上岩性段分布于矿区中部，相当于艾菲尔阶。下部主要有石英角斑质凝灰岩、角砾凝灰岩、火山角砾岩、石英角斑岩、千枚岩、夹结晶灰岩、含铁硅质岩、放射虫硅质岩透镜体等，为含矿层。岩石蚀变强烈，并普遍发育片理。上述结晶灰岩中产有珊瑚、腕足、海百合茎及牙形刺古生物化石；上部由玄武岩（包括块状、杏仁状玄武岩）、凝灰岩、硅质岩等组成。在块状硫化物矿层上盘出现基性火山岩，是许多块状硫化矿床常见的特征，对下部块状硫化物矿层起保护作用（宋叔和等，1994）^[3]。齐也组 (D_{3q}) 主要分布在矿区的东部和西部，在外围并见下石炭统红山咀组 (C_{1h}) 呈角度不整合覆于其上。主要由一套角砾及集块状的粗火山碎屑岩和火山熔岩组成。岩性复杂，主要有火山角砾岩、集块岩、凝灰岩、凝灰质粉砂岩、枕状玄武岩、石英角斑岩等。凝灰质粉砂岩中产放射虫化石。在该组的中部凝灰质岩屑砂岩中，发育有连续出现的粒序层理、平行层理、单向流水交错层理及波纹层理、滑塌构造等较典型的鲍

马层序。阿舍勒矿区这套火山-沉积岩系，从其中的枕状玄武岩、生物碎屑灰岩和放射虫硅质岩夹层等特征岩石，标志着为海相环境。在早中泥盆世时期，阿舍勒一带，由于断裂活动强烈，伴随大量火山喷发，使早期浅海迅速变为次深海环境。岩相由阿舍勒早期灰岩、粉砂岩夹火山岩建造变成晚期放射虫的硅质岩相。同时，由于火山喷发物的快速堆积，造成了局部的高地形，从而形成了位于浅海碳酸盐台地和台地浅滩。根据矿石中流体包裹体研究（周良仁等，1995），包裹体以气液相包裹体为主，没有发现多相包裹体和气体包裹体共存的现象，推测成矿流体没有发生沸腾。包裹体盐度为 13.54 wt% NaCl，其形成温度为 275℃，按 Haas (1976) 温度-压力曲线推算，其压力在小于 75×10^5 Pa 的情况下才能发生沸腾。据此推测，阿舍勒矿床成矿压力应在 75×10^5 Pa 以上，与此相应的海盆地水深应在 750 m 以上（按 1×10^5 Pa/10m）。齐也组在沉积时为以浊流为主的半深海—深海环境，其海水深度大于阿舍勒组。

2 含矿火山岩系及构造环境

阿舍勒矿区的含矿岩系为一套火山岩，其中夹有海相灰岩、硅质岩等。酸性火山岩在数量上比基性火山岩多（约 3:1）。岩石类型包括流纹岩、玄武岩、英安岩及同质凝灰岩、角砾凝灰岩、火山角砾岩和呈岩脉、岩株形式产出的辉绿岩、石英钠长斑岩等。这些岩石构成古火山机构。对该岩系的研究目前存在着两种不同意见：一种认为属正常火山岩系列；另一种认为属细碧角斑岩石英角斑岩系列。依据当前世界上研究及趋势，大都认为细碧角斑岩系系由在不同构造环境的火山岩经蚀变或变质作用之产物（宋志高，贾群子，1987）^[4]。

玄武岩呈中厚层、薄层及透镜状产出，为灰绿、黄绿及暗灰绿色，呈斑状结构、细碧结构及变余辉绿结构等，杏仁状构造、块状构造。岩石主要由钠长石、绿泥石、绿帘石、碳酸盐及黄铁矿、钛铁矿、磁铁矿组成的绿片岩相矿物组合，并有少量的辉石残留，相当于细碧岩的矿物组合。化学成分 SiO_2 53.64%~46.05%， Na_2O 2.37%~4.27%， K_2O 0.03%~1.01%， TiO_2 0.60%~0.85%， Al_2O_3 14.08%~16.07%，个别样品 Al_2O_3 可达 19.79%。酸性火山熔岩为流纹岩和英安岩，呈灰色、灰绿色，具斑状结构，斑晶为钠长石和石英，基质为霏细结构，显微变晶结构。矿物组合主要由钠长石、石英及少量绿泥石、绢云母、碳酸盐和一些不透明矿物组成。

该岩系在岩石化学成分上，具有高钠，低钾、高 H_2O^+ 的特征，表明岩石受到了蚀变和变质作用。火山岩 TiO_2 含量低：基性火山岩中 TiO_2 低于 1%，酸性火山岩中 TiO_2 低于 0.3%，系岛弧火山岩的特征（T H 格特，1982）。在 $\text{SiO}_2 - \langle \text{FeO} \rangle / \text{MgO}$ 、 $\langle \text{FeO} \rangle - \langle \text{FeO} \rangle / \text{MgO}$ 及 $\text{TiO}_2 - \langle \text{FeO} \rangle / \text{MgO}$ 图（图 2）上可以看出：① SiO_2 在 54%~62% 之间明显地出现间断，与宏观研究一致，为一双峰式火山岩组合。双峰式火山岩一般认为系裂谷晚期或岛弧初期的特征岩套（都城秋穗，1973）^[5]，亦是拉张大地构造环境的特征火山岩组合（Condie，1982）^[10]。② 本区玄武岩一部分落在岛弧玄武岩区内，一部分落在大洋玄武岩区内或近旁，表明既有大洋拉斑玄武岩，亦有岛弧拉斑玄武岩在火山构造背景上与陆壳上弧后盆地相近（Wilson，1989）^[17]。另外弧后盆地也以双峰式火山活动为特点（Sinton 等，1987；Hochstaedter 等，1990；Smith 等，1990）。因此，综合上述特征，阿舍勒矿区的这套火山岩形成环境相当于弧后盆地。

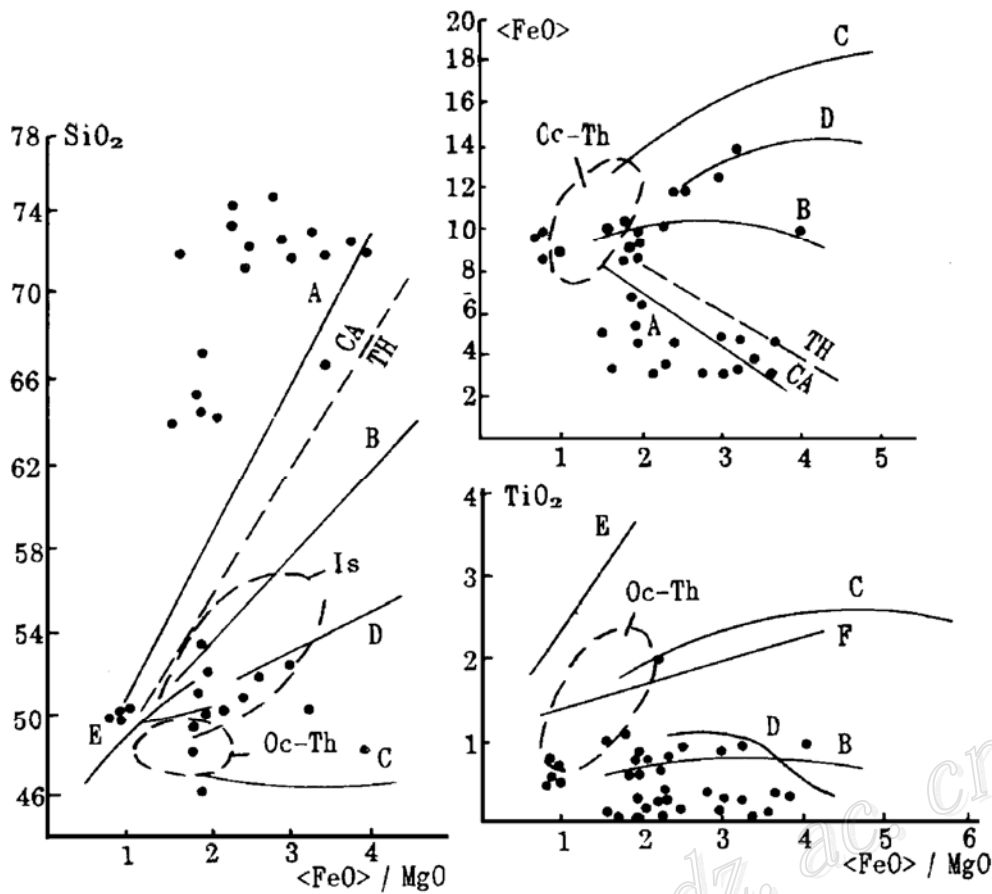


图2 SiO_2 - $\langle\text{FeO}\rangle/\text{MgO}$ 、 $\langle\text{FeO}\rangle$ - $\langle\text{FeO}\rangle/\text{MgO}$ 、 TiO_2 - $\langle\text{FeO}\rangle/\text{MgO}$ 图
(据刘瑛等, 1990; 汪玉珍等, 1990)

A—日本浅间火山岩; B—汤加托菲亚岛; C—斯卡尔格德杂岩; D—三宅岛; E—夏威夷基劳约; Oc-Th—大洋; Is—岛弧; F—岛弧普通火山岩上限; Th—拉斑系列; CA—钙碱系列

Fig. 2. SiO_2 , $\langle\text{FeO}\rangle$ and TiO_2 versus $\langle\text{FeO}\rangle/\text{MgO}$ diagram.

A—Asama volcanic rock, Japan; B—Tofua Island, Tonga; C—Skaergaard complex; D—Miyake-jima; E—Kilauea, Hawaii; Oc-Th—Ocean; Is—Island arc; F—Upper limit of island arc volcanic rock; Th—Tholeiite series; CA—Calc-alkaline series.

3 矿床产出特征

矿区内共圈出7个矿化带。但多年普查勘探的目标是I号矿化带的I号矿床, 其他矿化带也投入了一定的勘探工作。

I号矿床位于矿区中部同斜向斜中。该向斜东翼倒转, 向北倾伏, 侧伏角 $45^\circ\sim 55^\circ$, 致使硫化物矿层南部裸露地表, 形成孤岛状铁帽, 为一隐伏、半隐伏矿床。I号矿床的主矿层与围岩整合接触, 并与围岩同步褶皱。矿层在向斜核部厚度最大, 倒转翼次之, 向正常翼矿层逐渐尖灭(图3)。I号矿床产状复原后, 可以看出, 由上部层状矿体和下部细脉浸染状矿体两部分组成。

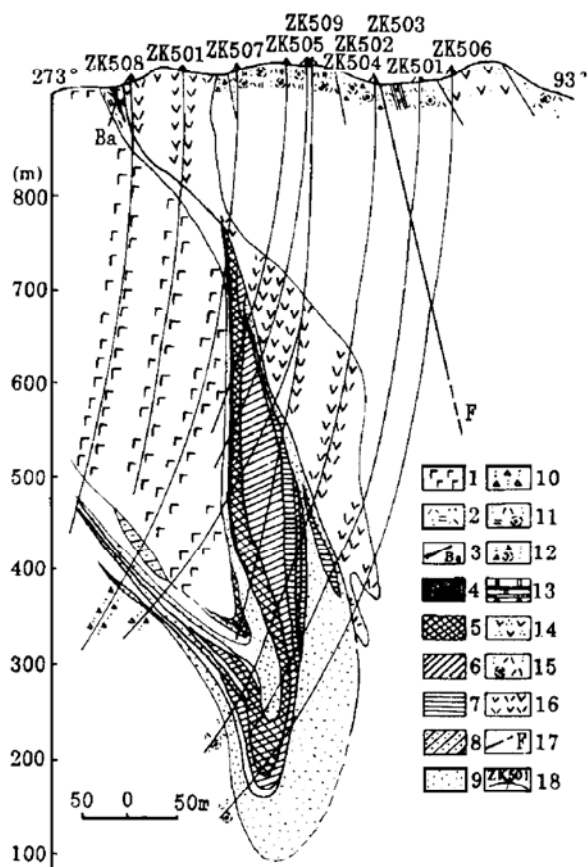


图 3 阿舍勒矿床 V 勘探线剖面图

(据新疆地矿局第四地质大队资料修编)

1—玄武岩；2—绢云母化凝灰岩；3—重晶石多金属矿石；4—多金属矿石；5—块状铜锌黄铁矿矿石；6—块状黄铜黄铁矿矿石；7—块状黄铁矿矿石；8—浸染状黄铜黄铁矿矿石；9—浸染状黄铁矿矿石；10—角砾凝灰岩；11—绢云母化硅化凝灰岩；12—硅化角砾凝灰岩；13—大理岩；14—一次生石英岩；15—硅化凝灰岩；16—英安斑岩；17—断层及推测断层；18—钻孔及编号

Fig. 3. Geological section along No. V exploration line of the Ashele deposit.

1—Basalt; 2—Sericitized tuff; 3—Barite-polymetallic ore; 4—Polymetallic ore; 5—massive copper-zinc pyrite ore; 6—Massive chalcopyrite ore; 9—Disseminated pyrite ore; 10—Breccia tuff; 11—Sericitized-silicified tuff; 12—Silicified breccia tuff; 13—Marble; 14—Secondary quartzite; 15—Silicified tuff; 16—Dacite porphyry; 17—Fault and inferred fault; 18—Drill hole and serial number.

与世界上许多同类矿床相同，矿床的矿物组成比较简单。矿石矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、黝铜矿-砷黝铜矿、方铅矿组成。伴生矿物辉铜矿、斑铜矿、毒砂、辉银矿，还有微量的金银矿、自然金等。脉石矿物为石英、绢云母、绿泥石、重晶石和碳酸盐类矿物等。主要成矿元素有 Cu、S、Zn、Pb、Ba、Ag 等，其中 Cu : Pb : Zn (储量比) 为 20 : 1 : 8.8。伴生元素为 Au、Sb、Bi、Ga、Ge、In、Gd 等。矿床具有明显的分带现象，与日本黑矿、矿区阿尔泰和澳大利亚等块状硫化物矿床类似。结合位于同一层位上 II 矿带的矿石特征，自下而上可把层状矿体划分为黄铁矿矿石带、黄铜-黄铁矿矿石带、多金属矿石带、重晶石多金属矿石带、重晶石带，其特征见表 1。矿物分带沿矿体厚度方向自下而上为：黄铁矿、黄铜矿→闪锌矿及方铅矿→重晶石。矿石构造上亦有变化：下部以块状构造为主；上部则以条纹、条带状构造为主。与上述分带相对应，元素亦出现明显分带，依次是 S→Cu、S→Cu、Zn、S→Cu、Zn、Pb、S→Ba、Zn、Pb→Ba。银含量自下而上呈逐渐增高的趋势。Zn/Cu 比值向上向外逐渐升高，这是火山成因块状硫化物矿床特征之一 (Lydon, 1988)^[13]。在 Cu-Pb-Zn 三角图上 (图 4) 表现为黄铜-黄铁矿带位于三角图的顶部，相当于掘越睿与鹿原直健 (1978) 对日本同类矿床划分的黄矿亚类；重晶石多金属矿带位于图的右下部，相当于黑矿亚类；铜-锌黄铁矿位于黄矿亚类和混合矿亚类区域内；多金属矿石则位于黑矿亚类和混合矿亚类的区域内。

表1 阿舍勒块状硫化物矿床垂直分带特征

Table 1. Vertical zonation of the Ashele volcanogenic massive sulfide deposit

带	主要矿物	次要矿物	成矿元素(%)								矿石构造	脉石矿物
			Cu	Pb	Zn	S	Ba	Au ^①	Ag ^①	Zn/Cu		
重晶石	重晶石	方铅矿	0.021	0.44	0.08	13.01	52.97	0.53	48.38		条带状、块状	石英、绢云母
重晶石多金属矿石	重晶石、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黄铁矿	黝铜矿-砷黝铜矿、毒砂、辉银矿、金银矿物	1.03	4.27	8.9	14.74	35.90	0.74	504.13	8.6	条带状、层纹状、块状	石英、绢云母
多金属矿石	闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿	重晶石、黝铜矿-砷黝铜矿、毒砂、银金矿、自然金	4.01	1.94	15.22	39.41	2.19	1.38	135.40	3.8	条带状、层纹状、块状	石英、绢云母
铜锌黄铁矿矿石	黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿	黝铜矿-砷黝铜矿、方铅矿、古巴矿、辉铜银矿	4.40	0.14	1.52	45.39	1.41	0.64	36.10	0.3	致密块状、条带状、角砾状	石英、绢云母、绿泥石
黄铜黄铁矿矿石	黄铁矿、黄铜矿	黝铜矿-砷黝铜矿、闪锌矿、斑铜矿	2.68	0.04	0.24	46.17	0.029	0.26	17.35	0.1	致密块状、角砾状	石英、绢云母、碳酸盐、绿泥石
黄铁矿矿石	黄铁矿	黄铜矿	0.09	0.04	0.06	45.24	—	0.14	3.46	0.7	块状	石英、绿泥石、绢云母
细脉浸染状黄铁矿矿石	黄铁矿	黄铜矿、闪锌矿	品位变化大	—	品位变化大	—	—	—	—	—	浸染状、(网)脉状、角砾状	绿泥石、石英、碳酸盐、绢云母

①Au、Ag 为 10⁻⁶; 化学成分据新疆地矿局第四地质大队及本次研究分析数据统计而来

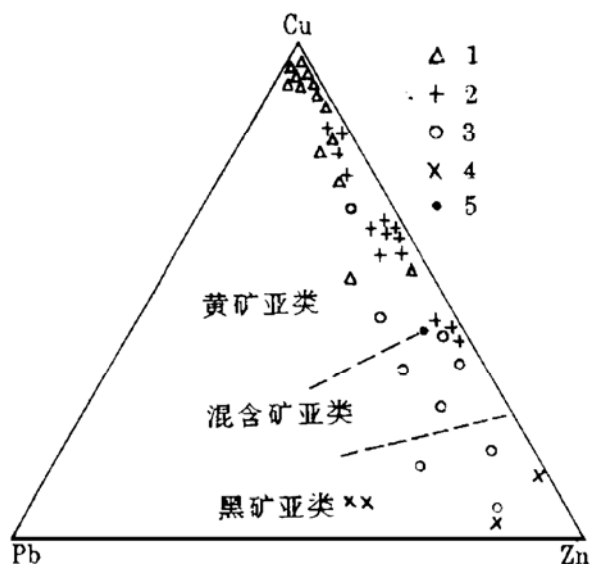


图4 阿舍勒各种类型矿石铜、铅、锌的组分比例图解

(据越睿,1978)

1—黄铜黄铁矿矿石; 2—铜-锌黄铁矿矿石; 3—多金属矿石; 4—重晶石多金属矿石; 5—矿石平均品位

Fig. 4. Diagram showing copper, lead and zinc compositional proportions of various ores from the Ashele deposit.

1—Chalcopyrite-pyrite ore; 2—Copper-zinc pyrite ore; 3—Polymetallic ore; 4—Barite polymetallic ore; 5—Average grade of ore.

矿体的侧向分带没有垂向分带明显,具不对称性。其中心为黄铜-黄铁矿带,侧向上逐渐变为铜、锌黄铁矿带、多金属矿带、重晶石多金属矿带。

位于层状矿体之下的细脉浸染状矿体,多被视为热液来源的通道,相当于 Large (1977) 划分的近侧型矿床(Proximarl ores)^[11]。矿石矿物主要为黄铁矿,其次为黄铜矿及闪锌矿。主要呈细脉浸染状分布于蚀变的凝灰岩或角砾凝灰岩中,当细脉浸染状硫化物分布于蚀变角砾凝灰岩中即形成“角砾状”矿石。后者硫化物有两种产出形式:一是伴随石英脉产出;二是伴随绿泥石脉产出。黄铁矿均呈中、细粒立方体自形晶。

与细脉浸染状硫化物有关的火山岩,均发生了强裂的蚀变作用。蚀变较弱的岩石保留有原岩的结构如凝灰结构、火山角砾结构。蚀变强的岩石,原岩的矿物和结构消失殆尽,形成绿泥石岩、次生石英岩等。下盘的蚀变不具有其他块状硫化物矿床的蚀变分带现象,而是一个不规则的蚀变岩筒。蚀变岩筒主要由绿泥石及少量石英、碳酸盐(主要是白云石)、金红石组成,并显示切层现象,周围被由石英、绢云母、绿泥石、碳酸盐等矿物组成的半整合带(Semiconformable zone)所围绕。该带出露长度大于层状矿体的长度,其深度在 100 m 以上。蚀变带的产状与地层产状一致,导致产生这种蚀变的主要原因是与下盘火山碎屑岩的高渗透性(Permeability)有关(Large, 1992)^[12]。

绿泥石经镜下鉴定,X 光衍射和电子探针分析,可区分为淡斜绿泥石和蠕绿泥石。前者 Fe/(Fe+Mg)为 0.17~0.18;后者在 0.33~0.38 之间。利用 Cathelineou 和 Nieva(1985)的公式 $t(^{\circ}\text{C})=106\text{Al}^{\text{VI}}+18$ ^[9] 计算出绿泥石的形成温度为 265~290℃,平均为 278℃,这与其他方法得出的温度相当。

蚀变岩石化学成分最突出的特征是 Na₂O 的含量低,很少超过 1%,而且 Na₂O<K₂O。未(或弱)蚀变的火山岩 Na₂O 为 3.20%~6.57%,Na₂O>K₂O,表明在蚀变过程中,Na₂O 从热液活动中心向外运移,是带出组分,这与镜下未见到钠长石的结果相符。与此相反,MgO 发生了富集,通常大于 3%。K₂O 也发生了富集作用。稀土元素蚀变岩石与未蚀变火山岩相比,前者具较大的负钕异常,δEu 为 0.24~0.44,而后者在 0.56~0.99 之间。可能是长石在蚀变过程中,钕发生了活化,释放出钕的缘故。

4 矿质来源讨论

依据矿床中不同矿石和主岩中硫化物硫同位素研究(共 53 件),δ³⁴S 值变化范围 -3.34‰~+7.63‰(图 5),集中分布在 +3.27‰~+6.0‰ 之间,平均为 4.06‰。可与日本黑矿的硫同位相对比,但在垂向上变化规律不明显。重晶石 δ³⁴S(5 件)分布在 +16.4‰~+23.5‰ 之间,平均为 19.7‰,与泥盆系海水硫酸盐的 δ³⁴S(17.5‰~25.0‰)相近(Claypool, 1980),表明重晶石的硫直接来源于热液喷发地点的同时期海水。硫化物和硫酸盐 δ³⁴S 平均值之差近于 15‰,可与世界其他以火山岩为主岩的块状硫化物矿床相比较(Lambert 等,1978)。关于硫化物硫的来源目前存在分歧。Sangster(1968)把某一特定时期层状硫化物矿床硫同位素和同时期海水硫酸盐进行了比较,发现二者差别大约 +17‰^[16]。因而特别强调海水硫酸盐对形成块状硫化物矿床的重要性,认为硫化物 δ³⁴S 是海水硫酸盐的硫同位素分馏造成的。然而最近研究表明,在以火山岩为主岩的块状硫化物矿床中硫有两个主要来源(Ohmoto 等,

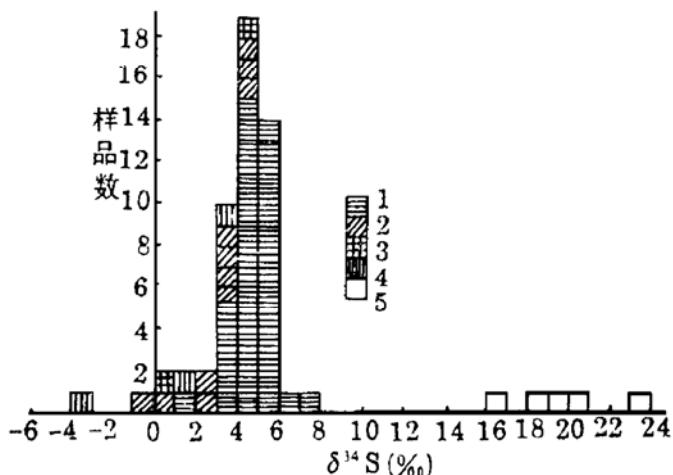


图5 阿舍勒矿床硫同位素($\delta^{34}\text{S}$)分布频率直方图

(数据引自周良仁等,1994,新疆哈巴河县阿舍勒铜锌矿典型矿床总结研究)

1—黄铁矿;2—黄铜矿;3—闪锌矿;4—方铅矿;5—重晶石

Fig. 5. Histogram showing $\delta^{34}\text{S}$ values of various ores from the Ashele deposit.

1—Pyrite; 2—Chalcopyrite; 3—Sphalerite; 4—Galena; 5—Barite.

1983 和 Solomon 等,1988),即还原海水硫酸盐和岩浆硫。后者硫可以直接来源于岩浆射气和从火山岩中淋滤出来。Rye(1984)对内华达州 Big Mike 含铜块状硫化物矿床稳定同位素研究认为,块状硫化物的原生矿化是以 H_2S 为主的热液流体与海底附近冷海水混合期发生的。在混合期间海水硫酸盐和 H_2S 热液之间没有发生硫同位素交换,所以硫化物的同位素组成反映了 H_2S 溶液的 $\delta^{34}\text{S}$ 。 H_2S 中的硫明显地含有岩石中硫化物和海水硫酸盐产出的硫化物提供的复杂来源^[15]。笔者赞同这种看法。本区硫化物同位素部分出现 $\delta^{34}\text{S}_{\text{黄铜矿}}、\delta^{34}\text{S}_{\text{闪锌矿}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{黄铁矿}}$ 或 $\delta^{34}\text{S}_{\text{方铅矿}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{黄铜矿}}$,且根据一些矿物对计算的同位素温度变化范围大致为 19~529℃,与石英和重晶石流体包裹体温度 162.3~275℃相矛盾,硫同位素未达到平衡,系由变质作用所致。Ripley 和 Ohmoto (1977)对秘鲁 Raul 矿山的硫同位素研究后亦得出同样的结论。缺乏硫同位素平衡是相当普遍的现象(Ohmoto,1986)^[14]。矿石中单矿物黄铁矿和方铅矿的铅同位素组成(共 18 件)^{[1]①}: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 17.466~18.005, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 15.285~15.626, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 36.670~38.119,变化不大;火山岩的铅同位素组成特征为(据贵阳地化所 1978年资料):玄武岩(5件) $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 17.871~18.118, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.496~15.633, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 37.752~38.241;火山碎屑岩(1个样) $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 18.253, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.523, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 37.903。把矿石、火山岩的铅同位素组成的平均值与地幔、地壳等储集层的铅同位素组成(Zartman,1983)相比(表 2),本区矿石和玄武岩铅同位素组成介于地幔和造山带铅同位素之间,表明铅具深源的特征。

表 2 阿舍勒矿区铅同位素和不同储集层同位素组成对比

Table 2. Lead isotope comparison of the Ashele volcanogenic massive sulfide deposit with four lead accumulative beds

	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$
地幔	17.730	15.455	37.395
下地壳	17.235	15.355	38.285
造山带	18.580	15.600	38.435
上地壳	19.110	15.695	38.80
矿石	17.839	15.511	37.792
玄武岩	17.956	15.550	37.977
凝灰岩	18.253	15.523	37.903

由贵阳地球化学研究所,中国地质科学院地质所和宜昌所测定

① 张永革等,1991,新疆哈巴河县阿舍勒矿床物质组分研究报告

5 变形-变质作用

块状硫化物矿石与容矿的火山岩系为同时或近于同时形成。因此,当岩石遭受变形-变质作用时,矿石亦同样遭受了变形-变质作用。首先从宏观上看变形变质使原来呈层状产出的块状硫化物发生变形,形成同斜褶皱,并使褶皱核部矿体变厚和东翼发生倒转,造成下部的网脉浸染状矿石露出地表。断裂作用使矿体发生变位,局部地方造成矿体与次火山岩体接触,并伴随糜棱岩化,这在Ⅲ-V勘探线表现得比较清楚。原来呈条带状的矿石,因受动热变质作用,发生塑性流动形成香肠状构造。矿相学研究表明,因热变质作用,使矿物重结晶,形成粒状变晶结构,斑状变晶和退火结构。黄铁矿因动力变质形成碎裂结构,裂隙被塑性矿物黄铜矿充填;黄铁矿常与绿泥石、绢云母等形成压力影。闪锌矿、重晶石、方铅矿常表现为塑性变形,在矿体上部形成层纹褶皱。因变质作用常使一些矿物发生活化迁移,在块状矿石出现黄铜矿细脉、重晶石和闪锌矿细脉穿插,并发生黄铜矿、闪锌矿交代黄铁矿形成网状结构、残余结构、骸晶结构等。据此,一些研究者把该矿床解释为后生矿床。在该矿床中出现一种角砾状矿石,角砾状矿石可划分为两种类型:一种是矿石角砾,由黄铁矿+黄铜矿单独组成,被硫化物胶结;另一种是既有矿石角砾亦有岩石角砾,被硫化物、石英和绿泥石等胶结。前者出现在黄铜-黄铁矿矿石和铜-锌黄铁矿石中,后者出现在矿体的边部和下部。角砾形态既有不规则状、棱角明显,也有磨圆较好的椭圆状。关于这种角砾的成因大多数研究者认为是一种机械作用产物,即由于构造震动和伴随成矿的爆破作用,使矿石破碎而形成(斯米尔诺夫,1985)。

6 与国内外同类矿床比较

世界许多块状硫化物矿床如我国白银厂、塞浦路斯、日本黑矿、西班牙拉·扎尔扎及澳大利亚 Mount Morgom 的上盘或在其含矿岩系的顶部,均有含铁硅质岩产出。新疆阿舍勒块状硫化物矿床含矿层位的偏上部位,也发育有呈透镜状产出,沿走向断续延长几百米的含铁硅质岩。这种岩石大都认为是火山喷气的化学沉积物,代表着一种氧化沉积环境(宋志高,1982)^[6]或为同期或晚期(相对于矿石形成而言)低温热液排放物(Edmond 等,1979)。因此,它既可作为硫化物喷气成因的标志,也可作为勘查块状硫化物矿床的指示岩层。

阿舍勒矿床的含矿岩系特征可与我国的白银厂、西班牙里奥廷托矿床相对比。白银厂块状硫化物矿床产于中寒武世的细碧岩-石英角斑岩岩系内。火山岩具双峰式,为一岛弧-裂谷环境(郭介人等,1994)^[7]。据宋叔和等(1985,1994)^[8,3]报道,里奥廷托矿区海西期的火山活动,形成一套富钠的双峰式火山岩组合。据研究,块状硫化物矿床是在引张的背景下形成的,这种背景可形成于板块构造的不同部位(顾连兴,1989)。看来引张的构造背景是块状硫化物矿床的又一特征。

阿舍勒矿床的双层结构及下盘的围岩蚀变等特征基本上可与白银厂、里奥廷托矿床相比较。但在矿床的分带上,阿舍勒矿床更明显。就其分带而言,可与日本黑矿相比较,但二者在成矿元素上存在着差异。阿舍勒矿床矿石中主要元素 Cu : Zn : Pb(%) 为 43 : 50 : 7 属 Cu-Zn 型矿床;而日本北鹿地区黑矿矿床 Cu : Zn : Pb 为 28 : 55 : 17 属 Cu-Pb-Zn 型矿床。

哈萨克斯坦矿区阿尔泰黄铁矿-多金属成矿带,东延至我国内与产有阿舍勒矿床的阿尔泰

成矿带相连。凡是有工业价值的黄铁矿型矿床都产在泥盆纪流纹岩-玄武岩两极分异的火山岩系中。矿床的分带和蚀变特征均与阿舍勒矿床相一致。

本文初稿承蒙宋志高、邬介人研究员审阅,并提出许多宝贵意见,对笔者教益甚大。在野外工作期间周良仁研究员、王宏君总工程师、腾家欣副队长及课题组的全体同志曾给予大力支持与协助。在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 陈元正. 新疆哈巴河县阿舍勒黄铁矿型铜-多金属矿床成因初探. 新疆地质, 1989, 7(1): 1~10
- 2 赵云长等. 阿舍勒黄铁矿型铜矿床地质特征. 新疆地质, 1991, 10(1): 62~73
- 3 宋叔和, 韩发等. 火山岩型铜多金属硫化物矿床知识模型. 北京: 地质出版社, 1994
- 4 宋志高, 贾群子. 论细碧岩的岩石组构、矿物组合与变质成因. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, 1987, 第 19 号: 31~46
- 5 都城秋穗. A. 变质作用与变质带. 周圣生译. 北京: 地质出版社, 1973
- 6 宋志高. 白银厂块状硫化物矿床形成环境及成因意义. 地质论评, 1982, 28(4): 335~342
- 7 邬介人等. 西北海相火山岩地区块状硫化物矿床. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994
- 8 宋叔和, 宋志高等. 伊比利亚黄铁矿带西段(葡萄牙)的火山岩和复合金属黄铁矿型矿床地质. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, 1985, 第 10 号: 1~14
- 9 Cathelineau M, Nieva D. A chlorite solid solution geothermometer: The Los Azufre geothermal system. *Mineralogy & Petrology*, 1985, 91: 235~244
- 10 Condie K C. Plate tectonics and crustal evolution (2nd edition). Pergamon Press Inc., New York, 1982
- 11 Large R R. Chemical evolution and zonation of massive sulfide deposits in volcanic terrains. *Econ. Geol.*, 1977, 72: 549~572
- 12 Large R R. Australian volcanic-hosted massive sulfide deposits: features, styles, and genetic model. *Econ. Geol.*, 1992, 87: 471~510
- 13 Lydon J W. Ore deposits models 14. Volcanogenic massive sulfide deposits, Part 2: Genetic models. *Geosci. Canada*, 1988, 15: 43~65
- 14 Ohmoto H. Stable isotope geochemistry of ore deposits. *Rev. Mineralogy*, 1986, 16: 491~560
- 15 Rye R O et al., Textural and stable isotope studies of the Big Mike cuperiferous volcanogenic massive sulfide deposits, Pershing County, Nevada. *Econ. Geol.*, 1984, 79: 124~140
- 16 Sangster D F. Relative sulphur isotope abundances of ancient seas and stratabound sulfide deposits. *Geol., Assoc. Canada Proc.*, 1968, 17: 79~91
- 17 Wolson M. Igneous petrogenesis. Printed in Great Britain by Oxford Univ Press, 1989

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND METALLOGENIC ENVIRONMENT OF THE ASHELE VOLCANOGENIC MASSIVE SULFIDE DEPOSIT, XINJIANG

Jia Qunzi

(*Xian Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Xian 710054*)

Key words: volcanogenic massive sulfide deposit, volcanic series, vertical zonation, metallogenic environment, Ashele of Xinjiang

Abstract

The recently discovered Ashele volcanogenic massive sulfide deposit, a large-sized copper-zinc deposit in Xinjiang, lies on the southern margin of Altay eugeosynclinal zone. It occurs in the Lower-Middle Devonian soda-rich volcanics series, and is associated with rhyolitic rocks of the bimodal basalt-rhyolite volcanic suite. According to features of volcanic rocks, it is concluded that the deposit was formed in a back-arc spreading basin setting.

The deposit shows a lenticular morphology of a stratiform massive sulfide zone overlying a disseminated-stockwork sulfide zone. Deformation resulted in conversion of the lens into an isoclinal overturned syncline, with sulfides thickening in the fold axes and thinning in the limbs. The deposit exhibits distinct vertical and lateral zoning, and in upward succession, there exists the ore zonation of pyrite-chalcopyrite-pyrite→copper-zinc pyrite→polymetals→barite-polymetals→barite, which is similar to things of the kuroko deposits. The Cu/Zn ratios increase from 0.34 in massive Cu/Zn pyrite zone through 3.8 in polymetallic zone to 8.6 in barite-polymetallic zone.

Below the massive sulfides, there is an semiconformable footwall alteration zone consisting of quartz, sericite, chlorite and pyrite. The alteration zone is characterized by depletion of Na and enrichment of Mg, K, and existence of negative Eu anomalies.

Sulfur isotope studies of the Ashele deposit indicates a combined source of reduced seawater sulfate and volcanic sulfur. Lead isotopes suggest that ore materials were derived from the mantle or the lower crust.