

新疆阿舍勒铜锌矿床 矿石化学组分分带研究及意义

王全明 方一平

冯 京

(中国地质科学院区划室,北京)

(新疆地矿局第四地质大队,阿勒泰)

提 要: 阿舍勒铜锌矿床是近年来发现的大型火山成因块状硫化物矿床之一。由于矿床成矿后遭受构造变质变形作用,使矿体的形态、产状发生了很大变化,所以矿体的分带结构也很难保留该类矿床所具有的理想分带型式。因此,研究矿床分带性,对于了解矿床的成矿方式以及确定矿体的分布型式、产出状态,进而指导找矿预测等方面均具一定意义。笔者主要从研究矿石化学组分分布特征入手,在采集(469 件)和收集大量钻孔矿石微量元素定量测试样品的基础上,采用分带序列、元素含量比值和因子分带等方法,对矿床的分带结构进行了研究。

主题词: 铜锌矿床 矿石组分 分带性 新疆阿舍勒

1 矿区及矿床地质概况

阿舍勒矿区位于阿尔泰优地槽褶皱系琼库尔-阿巴宫褶皱带西段之阔勒德向斜西翼,北西向与哈萨克斯坦共和国的矿区阿尔泰顺接。矿区出露地层以泥盆系为主,其次为石炭系。由老到新依次为下中泥盆统托克萨雷组($D_{1-2}t$)、中泥盆统阿舍勒组(D_2as)、上泥盆统齐也组(D_3q)和下石炭统红山嘴组(C_1h)。除托克萨雷组属滨-海相沉积以外,矿区其他地层均为火山岩系。矿区构造复杂,褶皱、断裂发育,总体构造线近南北向,在矿区南部则逐渐与区域北西向构造线一致。矿区内次火山岩发育,主要分属泥盆世阿舍勒旋回和晚泥盆世齐也旋回。

阿舍勒块状硫化物铜锌矿床分布于矿区中部次级同斜倒转向斜的回转端,呈南北向延伸。赋矿地层为中泥盆统阿舍勒组第二岩性段第二亚段上部的蚀变火山碎屑岩,主要是硅化的石英角斑质凝灰岩、沉凝灰岩、含角砾凝灰岩。工业矿体集中分布在矿区北 17 线至南 16 勘探线之间(图 1),其产出严格受地层控制,为火山喷气-沉积成因块状硫化物矿床^{①②}。矿床中共有四个矿体,其中以 1 号矿体为主矿体,呈似层状或大的透镜状,赋存于石英角斑质火山碎屑岩中,顶部被细碧岩覆盖。其他矿体规模较小,多为单线、单工程控制的小透镜体。矿层与地层整合接触,同步褶皱。矿体向北北东倾伏,倾伏角 $45^\circ \sim 65^\circ$,向东倾斜,倾角为 $40^\circ \sim 60^\circ$ 。构造定形后的矿体形态、产状严格受向斜构造控制,矿体形态如图 2 所示。

2 矿石类型及其微量元素特征

2.1 矿石类型及其金属矿物组合

王全明,男,1964 年生,硕士,副研究员,从事成矿预测研究工作。邮政编码:100037

1994-8-10 收稿,1995-4-17 修改回

① 范忠信、王福同等,1991,新疆阿舍勒块状硫化物铜锌矿床地质特征及其成因和成矿模式初探

② 周良仁等,1993,新疆哈巴河县阿舍勒铜锌矿典型矿床总结研究(85-902-01-01-02)

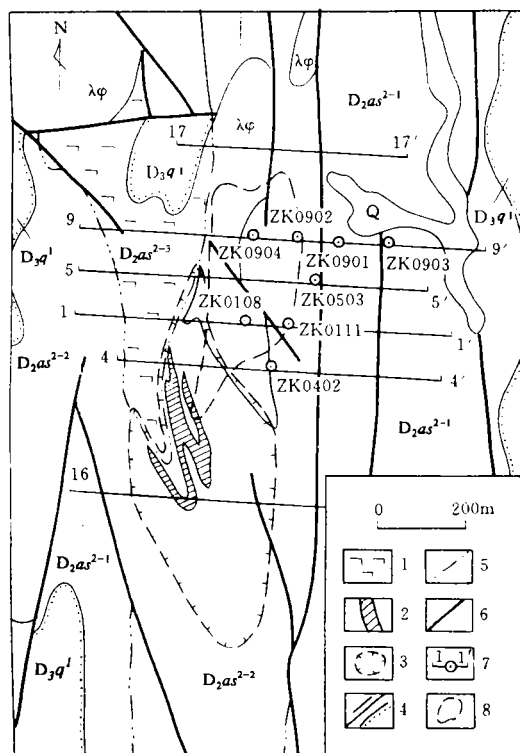


图1 阿舍勒铜锌矿床地质图

Q—第四系; D_3q^1 —齐也组; D_{2as}^{2-3} —阿舍勒组第二岩性段第三亚段; D_{2as}^{2-2} —阿舍勒组第二岩性段第二亚段; D_{2as}^{2-1} —阿舍勒组第二岩性段第一亚段; $\lambda\phi$ —石英钠长斑岩; 1—细碧岩; 2—铁帽; 3—黄铁矿化绢云母化强硅化蚀变带; 4—地质界线和不整合地质界线; 5—岩性段和岩性亚段界线; 6—断裂; 7—勘探线及孔位; 8—1号矿体地表水平投影范围

Fig. 1. Geological map of the Ashele copper-zinc deposit.

Q—Quaternary; D_3q^1 —Qiyé Formation; D_{2as}^{2-3} —3rd sub-member of 2nd lithologic member of Ashele Formation; D_{2as}^{2-2} —2nd sub-member of 2nd lithologic member of Ashele Formation; D_{2as}^{2-1} —1st sub-member of 2nd lithologic member of Ashele Formation; $\lambda\phi$ —Quartz albitophyre; 1—Spilite; 2—Gossan; 3—Pyritized sericitized intensely silicified alteration zone; 4—Geological boundary and unconformity; 5—Boundary of lithologic member and of lithologic submember; 6—Fault; 7—Exploration line and drill hole; 8—Surface horizontal projection of No. 1 orebody.

矿床中的矿石类型按矿石矿物组合主要可划分为四种:①黄铁矿石,矿物以黄铁矿为主,次为黄铜矿;②黄铜黄铁矿石,主要由黄铁矿、黄铜矿组成,闪锌矿、锌砷黝铜矿次之;③闪锌黄铜黄铁矿石,主要矿物为黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿,次为方铅矿、锌砷黝铜矿、辉铜矿、蓝辉铜矿;④多金属硫化物矿石,矿物以方铅矿、闪锌矿为主,少量的黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿等。按矿石构造特征又分为:块状矿石、稠密浸染状矿石、条带状矿石、条带-浸染状矿石和浸染状矿石等类型。本文对矿石类型主要采用这两种类型的组合形式加以描述。根据前人^{①②}和国内外同类矿床研究成果^③,矿石类型的由早到晚形成顺序依次为:黄铁矿石—黄铜黄铁矿石—闪锌黄铜黄铁矿石和多金属矿石。

2.2 矿石微量元素组分

表1为矿石的13种元素组分化学分析结果。与其他矿石相比,块状多金属矿石中的Cu、Pb、Zn、Au、Ag、As、Hg、Ba元素含量较大,其中Pb、Au、Hg、Ba的含量高出其他矿石1~2个数量级,表现为 $Cu/(Pb+Zn)$ 比值较小(0.38),而 $(Pb+Zn)/(Mo+Co+Sn)$ 比值最大(690);条带状和块状闪锌黄铜黄铁矿石的Cu、Pb、Zn、Au、Ag元素含量一般低于块状多金属矿石,而高于其他矿石,其中 $Cu/(Pb+Zn)$ 比值为2.55~2.98,块状矿石的 $(Pb+Zn)/(Mo+Co+Sn)$ 比值为98;各种构造的黄铜黄铁矿石中的Cu、Co、Sn所占比例增高,表现为 $Cu/(Pb+Zn)$ 比值最大,一般为3~14,平均为10.4, $(Pb+Zn)/(Mo+Co+Sn)$ 比值较小,一般为0.97~16,平均为10.2;块状黄铁矿石的Co、Mo、Sn含量明显高于其他矿石,表现为 $(Pb+Zn)/(Mo+Co+Sn)$ 比值较小(11.0)的特点。

- ① 范忠信、王福同等,1991,新疆阿舍勒块状硫化物铜锌矿床地质特征及其成因和成矿模式初探
- ② 周良仁等,1993,新疆巴河县阿舍勒铜锌矿典型矿床总结研究(85-902-01-01-02)
- ③ J. W. Lydon, 1989,火山岩成因块状硫化物矿床

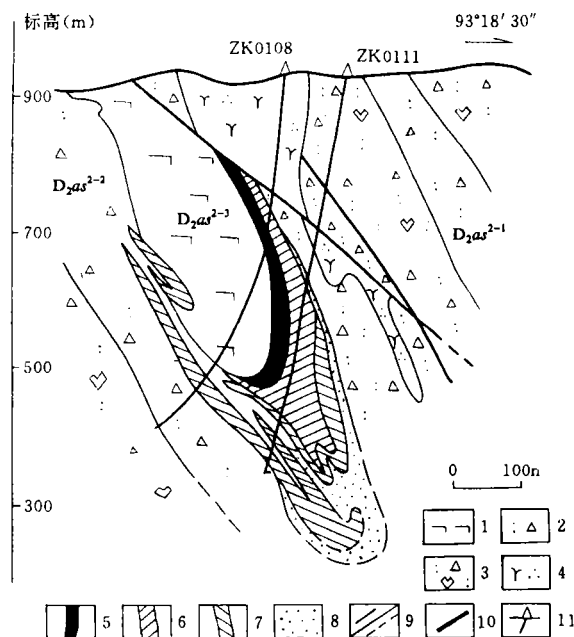


图2 阿舍勒矿床1号矿体第1勘探线剖面图
 D_{2as}^{2-3} —阿舍勒组第二岩性段第三亚段; D_{2as}^{2-2} —阿舍勒组第二岩性段第二亚段; D_{2as}^{2-1} —阿舍勒组第二岩性段第一亚段; 1—细碧岩; 2—角砾凝灰岩; 3—含集块角砾凝灰岩; 4—石英钠长斑岩; 5—多金属矿石; 6—闪锌铜黄铁矿石; 7—黄铜黄铁矿石; 8—黄铁矿石; 9—地质界线及推测地质界线; 10—断裂; 11—研究孔位
 Fig. 2. Geological section along No. 1 exploration line of No. 1 orebody, Ashele ore deposit.

D_{2as}^{2-3} —3rd submember of 2nd lithologic member of Ashele Formation; D_{2as}^{2-2} —2nd submember of 2nd lithologic member of Ashele Formation; D_{2as}^{2-1} —1st submember of 2nd lithologic member of Ashele Formation; 1—Spilite; 2—Breccia tuff; 3—Agglomerate breccia tuff; 4—Quartz albitophyre; 5—Polymetallic ore; 6—Sphalerite chalcopyrite-pyrite ore; 7—Chalcopyrite-pyrite ore; 8—Pyrite ore; 9—Geological boundary and inferred geological boundary; 10—Fault; 11—Studied drill hole.

研究中根据该矿床变质变形程度大、矿石组分复杂、类型较多的特点,对分带指数的最大值提取采用双重或多重提取的思路和方法^[1]进行矿石组分分带序列研究。

3.1.1 产于细碧岩上、下盘矿体的元素垂向分带序列 表2是矿体中段ZK0108所见细碧岩上、下两盘矿层元素含量通过分带序列计算,求得的元素垂向分带指数结果。由此得出:

(1) 产于细碧岩上盘的矿体(简称上盘矿体,下同)元素垂向分带序列由上至下为 Sn—Mo—Au—Bi—Cu—As—Sb—Ba—Zn—Ag—Pb,反映矿化由早到晚的矿化分带形式,表明矿体是处于倒转的。

(2) 产于细碧岩下盘矿体(简称下盘矿体,下同)的元素由上至下垂向分带序列为 Ba—Zn—As—Pb—Sb—Sn—Ag—Mo—Cu—Bi—Au,该分带序列的元素组分反映的矿石矿化元素是由晚至早的分布型式,即表现为正常产出矿体的矿化分带特征,其形式与上盘矿体的元素分

因此,矿石主要元素组分及其 Cu、Pb、Zn、Co、Mo、Sn、Hg、Ba 等含量相对比例变化特征,在一定程度上反映了不同类型矿石的特征。

3 矿石化学组分分带

尽管由于遭受构造变质变形作用,使矿体分布结构已与理想分带型式相差甚远,但块状硫化物透镜体的产出部位仍然可以明确。因此,我们从研究块状硫化物透镜体化学成分的垂向变化性入手,选取产于向斜两翼和转折端(即产于细碧岩上、下盘和矿体最厚端)部位的矿体作为研究对象(见图2),探讨矿石化学组分的分带形式。

3.1 垂向分带序列

根据原生晕分带序列研究方法的原理,将钻孔划分为多个标高段(即截面,这里取样品长度),利用每一截面某元素的线金属量(样品长度与含量的乘积),计算与这一截面其他所有元素的线金属量(标准化后)总和所占比例,即分带指数。根据这一元素在不同截面中分带指数最大值所处的位置确定其富集截面,利用相同方法计算所有元素的富集位置,根据元素富集部位确定分带序列。因此该方法的关键是求分带指数。本次研究

带序列基本呈镜像对应分布,但不完全一致,因为该层矿的底部缺失了以 Mo、Sn 为特征的成矿早阶段指示元素。

表 1 矿床矿石元素组分含量

Table 1. Contents of element components in various types of ore

矿 石 类 型	组 分 及 含 量												
	(%)			(10 ⁻⁶)									
	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	Co	Mo	Sn	Bi	As	Sb	Hg	Ba
块状多金属矿石(2)	4.02	1.37	9.30	1.59	71.5	65	40	51	365	6000	30.0	15.5	21900
条带状闪锌黄铜黄铁矿石(1)	3.82	0.18	1.10	0.55	86.5	41	39	—	500	770	100	—	—
块状闪锌黄铜黄铁矿石(5)	3.96	0.13	1.42	0.36	34.1	65	63	31	222	2856	82.0	5.40	214
块状黄铜黄铁矿石(6)	3.39	0.06	0.17	0.31	21.0	75	53	40	576	2414	80.0	1.05	154
条带浸染状黄铜黄铁矿石(3)	0.87	0.06	0.23	0.15	9.0	51	34	95	218	548	45.4	1.65	140
细脉浸染状黄铜黄铁矿石(1)	0.54	0.01	0.03	0.03	4.0	70	44	300	11	29	0.8	0.61	1100
块状黄铁矿石(2)	0.02	0.13	0.23	0.07	4.0	100	110	114	100	—	—	—	—

由新疆地矿局第四地质大队测试室分析;表中“—”为缺项;括号内为样品数

表 2 细碧岩上、下盘矿体指示元素垂向分带指数表

Table 2. Vertical zonation indices of indicator elements in hanging and lying wall orebody of spilite

截 面	分 带 指 数(10 ⁻¹)											岩矿石类型	说 明
	Cu	Pb	Mo	Sn	Ag	Zn	As	Sb	Bi	Ba	Au		
11	0.81	0.89	0.310*	1.54*	0.24	1.06	0.46	0.31	0.23	0.39	1.25	蚀变凝灰岩	细碧岩上盘矿体
12	4.20*	0.42	0.010	0.02	0.16	1.00	0.44	0.94	0.48*	0.26	2.06*	块状矿石	
13	1.96	0.63	0.020	0.03	0.46	2.11*	1.10*	0.96*	0.21	1.53*	0.94	蚀变凝灰岩	
14	2.60	2.25*	0.060	0.09	0.80*	2.02	0.32	0.55	0.20	0.22	0.40	细 碧 岩	
21	1.02	0.55	0.080	0.14	0.33	3.28*	0.65	0.47	0.15	0.68	0.62	细 碧 岩	细碧岩下盘矿体
22	4.68	0.70	0.001	0.09	0.23	2.23	0.83	0.41	0.34	0.07	0.36	块状矿石	
23	4.19	1.21*	0.001	0.16	0.24	2.31	0.66	0.59*	0.22	0.29	0.02	块状矿石	
24	5.10	0.88	0.130*	0.31*	0.61*	0.90	0.23	0.29	0.49	0.31	0.35	浸染状矿石	
25	6.11*	0.88	0.050	0.14	0.59	0.85	0.28	0.42	0.26	0.09	0.26	条带状矿石	
26	1.98	0.38	0.020	0.04	0.12	0.78	0.24	0.25	5.54*	0.10	0.54	块状矿石	
27	3.33	0.47	0.020	0.07	0.31	0.47	0.31	0.51	0.08	0.07	4.31*	浸染状矿石	

截面序号 11~14 和 21~27 为钻孔由浅入深的截面顺序编号,这里与采样号一致;表中“*”为分带指数峰值

3.1.2 产于转折端矿体最厚部位的元素垂向分带序列 表 3 是 ZK0111 孔揭露该部位矿体的元素经过分带序列计算求出的垂向分带指数结果。由此求出的元素垂向分带序列(由上至下)为 Mo—Sn—Bi—Cu—Zn—As—Au—Ag—Ba—Sb—Zn—Pb—Cu—As—Zn—Au, 该部位矿石层(18~28 截面)的元素分布序列主要表现为由成矿早阶段至晚阶段的矿化分布特征,即表明这一段矿层是处于倒转的。转折端部位矿体的下部(29~37 截面)的 Sb—Zn—Pb—Cu—As—Zn—Au 组分分布序列,表现的特征与上部相反,反映出由成矿晚期至早期的矿化分布型式,表明这一部位的矿石层是处于正常的。

另外,从该部位矿体元素的垂向分带序列也可以看出,由上至下,元素组分表现为由成矿早阶段(18~19 截面)—早中阶段(27~30 截面)—中晚阶段(31~37 截面)的矿化分带型式,

元素垂直分带基本呈镜像对称分布,但在矿体底部则缺失 Mo、Sn 组分为特征的黄铜黄铁矿石、黄铁矿等早、中阶段的产物与之对应,因此可以认为,矿体的下部仍然有矿体存在的可能。

表 3 矿体最厚端指示元素垂向分带指数表

Table 3. Vertical zonation indices of indicator elements at the thickest end of the orebody

截面	分带指数 (10^{-1})											矿石类型
	Cu	Pb	Mo	Sn	Ag	Zn	As	Sb	Bi	Ba	Au	
18	1.83	0.33	0.730*	1.46*	0.34	1.34	0.67	0.42	0.88	0.07	0.68	浸染状矿石
19	2.07	0.28	0.470	1.18	0.28	0.40	0.55	0.14	3.49*	0.15	0.37	浸染状矿石
20	5.20	0.02	0.010	0.07	0.36	0.35	1.87	0.81	0.35	0.00	0.83	块状矿石
22	4.75	0.02	0.010	0.02	0.74	1.05	1.63	0.96	0.32	0.00	0.48	块状矿石
23	5.54	0.02	0.010	0.04	0.61	0.78	1.28	0.62	0.57	0.00	0.50	块状矿石
24	5.69*	0.04	0.040	0.03	0.71	0.17	1.64	0.80	0.36	0.01	0.45	块状矿石
25	5.50	0.02	0.010	0.02	0.36	1.65*	0.40	0.54	0.44	0.04	0.97	块状矿石
26	3.99	0.02	0.020	0.05	0.27	0.18	3.34*	1.06	0.28	0.00	0.81	块状矿石
27	5.20	0.17	0.020	0.07	1.11*	0.10	0.93	0.52	0.61	0.00	1.22*	块状矿石
28	4.50	0.09	0.010	0.08	0.20	1.24	1.79	0.91	0.35	0.01	0.71	块状矿石
29	2.04	0.16	0.020	0.11	1.04	2.02*	1.44	1.71*	0.49	0.20*	0.71	条带-浸染状矿石
30	2.42	1.86*	0.080	0.12	0.81	1.26	0.57	0.92	0.62	0.20	0.76	条带-浸染状矿石
31	5.54*	1.00	0.040	0.17	0.74	0.48	0.35	0.83	0.48	0.11	0.07	条带-浸染状矿石
33	3.06	0.86	0.020	0.07	0.10	1.05	2.63*	1.06	0.62	0.03	0.43	条带-浸染状矿石
35	2.06	0.64	0.080	0.12	0.41	2.28*	2.25	0.78	0.77	0.12	0.31	条带-浸染状矿石
36	1.43	0.26	0.001	0.05	0.29	0.77	1.04	1.06	0.39	0.12	4.57*	块状矿石
37	2.80	0.26	0.010	0.07	0.19	0.89	1.32	2.45	0.29	0.12	1.59	浸染状矿石

截面序号 18~37 为钻孔由浅入深的截面编号,这里与采样号一致;表中“*”为分带指数峰值

3.2 特征指示元素比值的垂向变化特征

表 4 为产于转折端矿体最厚部位的元素垂向比值结果,具有如下规律:

(1) Cu/Zn、Cu/Pb、Cu/(Ag $\times$ 100) 元素比值变化与矿体中的块状铜矿石密切相关,比值的峰值与块状矿石层相对应。

(2) 块状矿石一般具有 2~4 层,与之相对应的比值具有从上至下由高向低的变化规律,其中以最上层的比值最大,一般为 Cu/Zn 9.58~122.12, Cu/Pb 21.40~413.90, Cu/(Ag $\times$ 100) 15.20~45.90。向下比值略有升高趋势,如 ZK0503、ZK0111 的 Cu/Pb、Cu/(Ag $\times$ 100) 比值。另外, (Pb+Zn)/(Mo+Sn)、(As+Sb+Au+Ag)/(Mo+Sn) 比值变化特征正好与上述相反,由上至下表现为比值由低向高再变低的变化特征,其中上部矿石的 (Pb+Zn)/(Mo+Sn) 为 5.62, (As+Sb+Au+Ag)/(Mo+Sn) 为 12.10, (下同);下部的矿石层依次为 63.70~137.6 (35.20~37.10) (ZK0503)、108.40~381.60 (131.10~190.20) (ZK0111) 和 653.20~667.5 (101.6~133.20) (ZK0402),到孔底比值降至 51.00 (4.9)。

这些特征表明,在矿体垂向上,上部 Cu、Mo、Sn 所占的比例增大,主要以黄铜黄铁矿石为主;向下 Pb、Zn、As、Sb、Au、Ag 的比例逐步增大,一般在钻孔见到的第二层块状铜矿石比例最大,矿石类型相应变为闪锌黄铜黄铁矿石和多金属矿石;矿体底部以 Cu、Mo、Sn 为特征的黄铜黄铁矿型矿石又有增加的趋势,但并没有出现与最上层黄铜黄铁矿矿石相对应的比值特征。

表 4 矿体最厚端元素比值表

Table 4. Element ratios at the thickest end of the orebody

孔位 (ZK)	样号	$\frac{\text{Cu}}{\text{Zn}}$	$\frac{\text{Cu}}{\text{Pb}}$	$\frac{\text{Cu}}{\text{Ag} \times 100}$	$\frac{\text{Pb} + \text{Zn}}{\text{Mo} + \text{Sn}}$	$\frac{\text{As} + \text{Sb} + \text{Au} + \text{Ag}}{\text{Mo} + \text{Sn}}$	$\frac{\text{Pb} + \text{Zn}}{\text{As} + \text{Sb} + \text{Au} + \text{Ag}}$	岩 矿 石 类 型
0503	26	0.57	0.36	0.44	15.5	8.8	1.77	块状黄铁矿石
	27~29	53.60	63.60	28.40	5.6	12.1	0.54	块状黄铜黄铁矿石
	31	6.56	20.60	9.39	39.1	55.2	0.71	块状黄铁矿石
	32~34	4.74	25.20	14.50	137.6	37.1	3.10	块状黄铜黄铁矿石
	35	3.09	12.30	7.82	143.3	50.2	2.86	条带浸染状黄铜黄铁矿石
	36	3.93	5.76	5.51	53.5	22.1	2.42	浸染状黄铁矿石
	37	0.72	1.94	2.30	66.5	10.6	6.23	浸染状黄铜黄铁矿石
	38	5.01	16.20	8.97	63.7	35.2	1.81	块状黄铜黄铁矿石
	39	2.54	8.63	5.75	91.7	35.3	2.60	条带状黄铜黄铁矿石
	41	6.22	23.80	9.25	63.9	641.0	0.10	块状黄铜黄铁矿石
0111	18~19	0.98	9.62	4.80	11.5	1.9	9.56	浸染状黄铁矿石
	20	4.49	335.50	10.90	108.4	131.1	0.83	块状黄铜黄铁矿石
	22~28	5.75	248.40	8.71	376.6	156.9	3.26	块状黄铜黄铁矿石
	29~35	1.23	9.39	8.29	286.3	75.2	5.22	条带浸染状黄铜黄铁矿石
	36	0.56	8.36	3.76	381.6	190.2	2.01	块状黄铜黄铁矿石
	37	0.95	16.20	11.00	323.1	127.0	2.55	稠浸状黄铜黄铁矿石
0402	17~19	0.36	0.75	0.94	33.0	1.1	49.5	稀浸状黄铁矿石
	20	9.58	21.40	15.20	20.1	7.6	2.63	块状黄铁矿石
	21	0.43	6.54	2.03	667.5	133.2	5.01	块状黄铜黄铁矿石
	23	0.45	10.60	3.24	653.2	101.6	6.43	块状黄铜黄铁矿石
	25~29	0.19	3.51	4.38	557.8	8.7	99.2	浸染状黄铜黄铁矿石

(3) 沿矿体走向由南向北(ZK0402~ZK0503),块状矿体的元素含量比值具有规律性变化,表现为 $\text{Cu}/(\text{Pb} + \text{Zn})$ (由 Cu/Pb 、 Cu/Zn 比值转换而得)、 $\text{Cu}/(\text{Ag} \times 100)$ 比值由低逐渐增高,而 $(\text{Pb} + \text{Zn})/(\text{Mo} + \text{Sn})$ 比值由大逐渐变小。其中, $\text{Cu}/(\text{Zn} + \text{Pb})$ 为 0.43 (ZK0402) $\rightarrow$ 3.53 (ZK0111) $\rightarrow$ 11.3 (ZK0503); $\text{Cu}/(\text{Ag} \times 100)$ 为 2.64 (ZK0402) $\rightarrow$ 7.79 (ZK0111) $\rightarrow$ 15.3 (ZK0503); 而 $(\text{Pb} + \text{Zn})/(\text{Mo} + \text{Sn})$ 则为由 660.4 (ZK0402) $\rightarrow$ 288.9 (ZK0111) $\rightarrow$ 67.7 (ZK0503)。这些特征表明,由南往北,块状矿体中的 Cu、Mo、Sn 组分所占比例逐渐增高,而 Pb、Zn 所占比例逐步减少,反映在矿石类型上,则表明矿体北段主要以黄铜黄铁矿为主,向南逐渐被闪锌黄铜黄铁矿和多金属矿石所代替。另外,沿走向由北向南,块状矿体的 $\text{Cu}/(\text{Pb} + \text{Zn})$ 比值变化也反映出块状矿体的由底向顶的分带型式。

3.3 矿石组分的因子分带形式

根据第 9 勘探线钻孔的 288 个样品,15 种元素作为样本空间,运用 R 型因子分析进行计算,据此确定矿石化学组分的相关线性组合,即主因子分别为:① Cu、Sn、Mo、Co;② Sb、As、Au、Ag、Bi;③ Pb、Zn、Hg。根据主因子在矿石样品上的因子得分圈定出元素组分分布型式(见图 3)。由图 3 可知:

(1) 各主因子及主因子组合在矿体部位呈现分带现象。

(2) 由矿体上部至下部,元素组合依次出现 Cu、Mo、Co、Sn-(Cu、Mo、Co、Sn + Pb、Zn、

Hg)-(Cu, Mo, Co, Sn+Sb, As, Bi, Au, Ag)-(Cu, Mo, Co, Sn+Sb, As, Bi, Ag, Au+Pb, Zn, Hg)-Cu, Mo, Co, Sn-(Cu, Mo, Co, Sn+Sb, As, Bi, Ag, Au)-(Cu, Mo, Co, Sn+Sb, As, Bi, Ag, Au+Pb, Zn, Hg)-Pb, Zn, Hg 的分带特征。

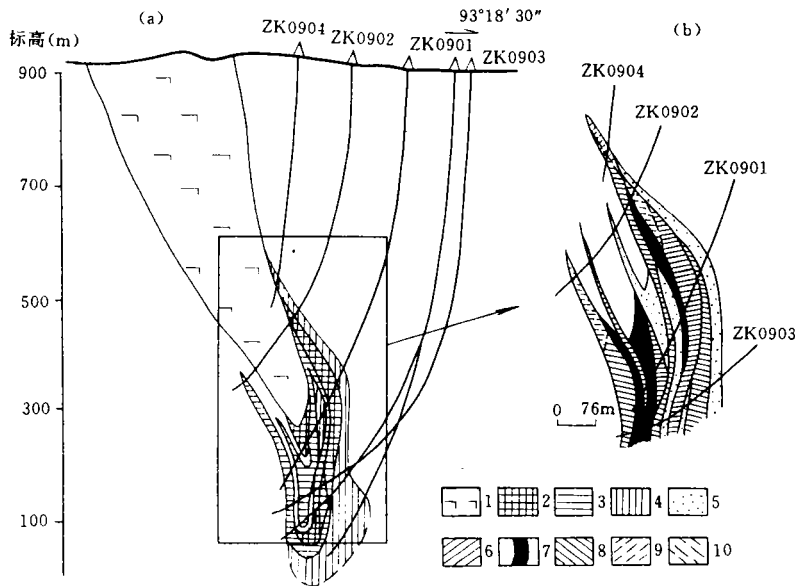


图3 1号矿体第9勘探线矿石化学组分因子得分分布图

(a)——第9勘探线1号矿体剖面；(b)——矿石化学组分因子得分分布图；1—细碧岩；2—块状黄铜黄铁矿石；3—条带浸染状黄铜黄铁矿石；4—黄铁矿石；5—由Cu、Mo、Co、Sn因子组成的矿石；6—由Cu、Mo、Co、Sn和As、Sb、Au、Ag、Bi因子组成的矿石；7—由Cu、Mo、Co、Sn、As、Sb、Au、Ag、Bi和Pb、Zn、Hg等因子组成的矿石；8—由Cu、Mo、Co、Sn和Pb、Zn、Hg因子组成的矿石；9—由As、Sb、Au、Ag、Bi因子组成的矿石；10—由Pb、Zn、Hg因子组成的矿石

Fig. 3. Factor scores distribution of geochemical components along No. 1 orebody.

(a)——Section of No. 1 orebody along No. 9 exploration line; (b)——Factor scores distribution of chemical components of ore. 1—Spillite; 2—Massive chalcopyrite-pyrite ore; 3—Banded-disseminated chalcopyrite-pyrite ore; 4—Pyrite ore; 5—Ore composed of Cu, Mo, Co and Sn factors; 6—Ore composed of Cu, Mo, Co, Sn and As, Sb, Au, Ag, Bi factors; 7—Ore composed of Cu, Mo, Co, Sn, As, Sb, Au, Ag, Bi and Pb, Zn, Hg factors; 8—Ore composed of Cu, Mo, Co, Sn and Pb, Zn, Hg factors; 9—Ore composed of As, Au, Ag, Bi factors; 10—Ore composed of Pb, Zn, Hg factors.

和最厚端中、上部的矿体化学组分分带性是上部由富含Mo、Co、Sn、Bi的黄铁矿石组成，向下则依次由富含Cu、Zn、Mo、Co、Sn、Bi、As、Au、Sb的闪锌黄铜黄铁矿石和以富含Pb、Zn、As、Au、Sb的多金属矿石组成。与J W Lydon(1989)总结出的理想分带结构^①相比，表现出块状硫化物矿床原生矿石组分、矿石矿物分带型式的颠倒特征，即这些部位的矿体是处于倒转的。

(2) 矿床南中段(4~1线)，矿体埋藏浅，产于细碧岩下盘的矿体基本被揭露。矿石化学组分分布表现为上部倒转、下部正常的垂向分带性，反映出矿体呈倒转向斜产出的一定矿化分布

(3) 细碧岩上、下盘矿体部位的元素组合主要为Pb、Zn、Hg和As、Sb、Bi、Ag、Au，而Cu、Mo、Co、Sn单因子组合主要出现在矿体最厚端的上部。

(4) Cu、Mo、Co、Sn因子几乎在不同部位的矿石中均有显示，说明第9勘探线所揭露的矿体中，黄铜黄铁矿石仍有很大的比例。

(5) 整个矿体化学组分因子分带反映矿体原生晕分带型式的颠倒特征。

4 讨论及意义

(1) 通过上述矿石化学组分垂向分带序列、比值和因子分带特征分析，可得出：产于细碧岩上盘

① J W Lydon, 1989, 火山岩成因块状硫化物矿床

特征。但由于下部矿体正常矿化分带序列显示不完整,缺失了以Cu、Mo、Co、Sn为指示特征的块状黄铜黄铁矿石和黄铁矿石,因此,上部和下部矿体的矿化分带并没有表现出对称性。矿床北段(5~9线)由于矿体侧伏埋深较大,所揭露大部分矿体的化学组分垂向分带性主要表现为较为单调的倒转矿化分带特征(特别是9线),而产于转折端底部和正常翼矿体的正常矿化分带性没有显示出来,表明北段矿化呈正常产出的那一部分矿体还没有显示,因此,1号矿体深部特别是矿床北段的深部仍然有很大的找矿前景。

(3) 矿体沿走向不同部位的矿化元素组合特征还表明,矿体北段(5~9线)主要以富含Cu、Mo、Co、Sn、Bi指示元素的黄铁矿石、黄铜黄铁矿石组成,矿体中南段(1~4线)则主要以富含Cu、Zn、Pb、As、Au、Ag、Sb、Bi的闪锌黄铜黄铁矿石和多金属硫化物矿石组成。矿床勘查结果表明,矿石的结构、构造、类型沿走向有明显的区段性变化。矿体中北段(4~9线)以块状矿石为主,向南(4线以南)块状矿石变薄,以至尖灭,代之以条带状和条带-浸染状矿石,因此可以认为在走向上,矿床的块状硫化物透镜体,主要分布于矿体的中北段(4~9线),透镜体的底部应在矿体北段的9线附近,而透镜体的顶部则在矿体中南段的4线,表现在Cu/(Pb+Zn)比值依次为11.3(5线)→3.53(1线)→0.43(4线)。矿体南段(4线以南)依次出现的条带状、浸染状、网脉状矿石,以及简单的黄铁矿、黄铜矿矿石矿物组合,表明块状硫化物透镜体的底部的蚀变岩筒分布于矿体的南段。块状硫化物主要通过海底热液系统的近地表通道排放在地形低地中堆积形成,并形成了排放口通道的网脉状矿石。块状硫化物透镜体在洼地中堆积成矿过程中,由于含矿流体的温度不断变化,Fe、Cu、Pb、Zn等络合物^①在成矿流体中根据其溶解度 $Fe < Cu < Pb, Zn$ 的大小关系,依次析出黄铁矿、闪锌矿、方铅矿等矿物,形成矿体的垂向分带现象。

参 考 文 献

- 1 方一平,王全明.原生晕分带序列计算程序的智能化、系统化设计.见:全国成矿预测论文集.北京:地质出版社,1993

CHEMICAL COMPONENTS ZONING OF ORES IN THE ASHELE COPPER-ZINC DEPOSIT, XINJIANG, AND ITS IMPLICATION

Wang Quanming and Fang Yiping

(Section of Regionalization, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Feng Jing

(No. 4 Geological Party, Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, Altay)

Key words: copper-zinc massive sulfide deposit, ore components, zonation, Ashele of Xinjiang

Abstract

By means of zonal succession, content ratios and factor zonality, the authors studied zonation of ore components in the Ashele copper-zinc massive sulfide deposit. Some understanding has been drawn from the research: (1) with the overlying spilite as the core, the orebody occurs as an overturned syncline; vertically, from the bottom to top of the massive sulfide lens, the ore components show zonation of Sn, Mo, Co, Cu, Bi-Au, As, Sb, Ag-Pb, Zn, Hg and Ba; (2) the

(下转第 328 页 to be continued on p. 328)

① 张永革等,1991,新疆哈巴河县阿舍勒矿床物质组分的研究

THREE-STAGE METALLOGENIC MODEL FOR GOLD DEPOSITS OF METAMORPHOSED FINE-CLASTIC ROCK TYPE

Wang Xiuzhang, Cheng Jingping, Liang Huaying, Xia Ping and Shan Qiang

(Guangzhou Institute of Geochemistry, Academia Sinica, Guangzhou 510640)

Key words: sedimentary source bed, regional metamorphism and enrichment, mineralization of activated zone and orogenic belt, transformation and superimposition, three-stage model

Abstract

Gold deposits of metamorphosed fine-clastic rock type are widely distributed both in China and abroad, with some of them being supergiant in size. The formation of these deposits might be divided into three stages: sedimentary stage, regional metamorphic stage and ore-forming stage. At the first stage, source beds of microclastic sediments, rich in carbon, sulfur and gold, were developed in a relatively euxinic semirestricted reducing basin. At the second stage, with the increase in temperature and pressure, organic matters were destroyed, clay minerals disappeared, and gold absorbed in these materials was released, and then attained preliminary enrichment through oriented migration and concentration. At the third stage, due to the action of the structural-hydrothermal event, gold was leached from metamorphosed microclastic rocks, moved to the favorable place, sometimes mixed with gold from other sources during its migration, and eventually formed ore deposits through precipitation. Gold deposits of this type can be further classified into activated zone type and orogenic belt type. They are mainly products of reworking with a few affected by magmatic superimposition.

~~~~~  
(上接第 321 页 Continued from p. 321)

orebody occurring on the normal limb of the syncline has not been completely disclosed in that the chalcopyrite-pyrite and pyrite beds characterized by rich Mo, Co, Sn and Bi were not found, suggesting that further prospecting work can be done toward the depth; (3) the massive sulfide deposit was formed through the discharging of hydrothermal fluid from the near-surface channel at the southern part (south of 4th line) to a depression in the north; as a result, it exhibits from south to north the primary zoning of altered pipe-massive polymetallic sulfide ore (4th-1st line) → massive sphalerite-chalcopyrite-pyrite ore → massive chalcopyrite-pyrite ore (5th-9th line).