

新疆阿舍勒铜矿床中黝铜矿的特征^{*}

王登红 陈毓川 叶庆同 刘玉琳

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京 100037)

主题词 火山岩型块状硫化物铜矿床 黝铜矿- 锌砷黝铜矿 新疆阿舍勒

提 要 新疆阿舍勒火山岩型块状硫化物铜矿床中黝铜矿广泛产出, 并以锌砷黝铜矿为特征。在以铜为主的主矿体(I号矿体)中, 黝铜矿几乎均属锌砷黝铜矿, 含银甚低, 其化学成分在时空分布上变化不大且无显著的变化规律, 不同类型矿石之间黝铜矿的成分变化也不大; 但在以铅锌为主的次要的II号矿体中黝铜矿含一定量的银。与其它各类矿床相比, 锌砷黝铜矿是阿舍勒黝铜矿的主要类型, 也是阿尔泰成矿带的主要黝铜矿类型。

黝铜矿是铜的一种主要硫盐矿物, 分布广泛, 在各类矿床中均可出现, 但含量一般不高。新疆阿舍勒铜矿床是一个典型的火山岩型块状硫化物铜矿床, 黝铜矿是仅次于黄铜矿的主要铜矿物之一, 占有一定规模的铜金属量, 也是该矿床的主要矿物之一。目前国内外对黝铜矿的研究较为重视, 但难度也较大^[1]。因此, 对阿舍勒铜矿床中黝铜矿的时空分布、成分及其与成矿条件的关系进行研究, 有助于深入研究黝铜矿族矿物。

1 矿床地质概况

阿舍勒铜矿床是近年来发现的一个大型海相火山岩型块状硫化物铜矿床, 位于新疆维吾尔自治区哈巴河县县城西北约31km处。在地质构造上位于中国阿尔泰造山带的西部, 向西进入哈萨克斯坦境内, 与矿区阿尔泰相连, 该铜多金属成矿带是在晚古生代大陆边缘裂谷的基础上演化而来的^[2]。在成因上, 阿舍勒铜矿床与矿区阿尔泰及中国阿尔泰东部的火山岩型块状硫化物矿床一样, 均属晚古生代早期形成于陆缘裂谷火山盆地中的喷气- 沉积矿床。黝铜矿在阿舍勒和矿区阿尔泰的众多块状硫化物矿床中均大量出现, 而且矿物的化学成分很相似, 均以锌、砷含量较高为特征, 构成一个世界上少见的锌砷黝铜矿的富集区。黝铜矿虽然常见于各类矿床, 但锌砷黝铜矿并不占主导地位, 因而, 其富集是阿尔泰成矿带的一个特点。

阿舍勒铜矿床产于中下泥盆统阿舍勒组海相双峰式火山岩之中, 主矿体即I号矿体(铜为主)夹于基性、酸性火山岩及火山碎屑岩之间, 成矿受到双峰式火山岩的控制, 属于典型的火山岩型块状硫化物矿床^[3]。主要矿物有黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、黝铜矿和方铅矿及少量的金、银矿物。次要矿体即II号矿体(铅锌为主)产于石英角斑质凝灰岩之中, 规模小但出露

^{*} 国家科技攻关 305 项目 85- 902- 01- 01 专题的部分成果
第一作者简介 王登红, 男, 生于 1967 年, 副研究员, 矿床学专业。
本文于 1997 年 9 月 17 日收到, 11 月 24 日改回。

于地表,并含大量的重晶石。矿化围岩蚀变分两种,基性火山岩以青盘岩化为主,在矿化强烈的蚀变岩筒中叠加有黄铁绢英岩化,酸性火山岩(火山碎屑岩为主)则以黄铁绢英岩化为特征。矿石组构显示典型的喷气-沉积成因,层纹状、条带状构造很发育,在蚀变岩筒中则以角砾状、网脉状、细脉浸染状构造为主,交代现象极为常见。II号矿体以及I号矿体的局部受到过韧性剪切作用和次火山侵入作用的影响而发生动力-热变质。

2 黝铜矿的产出特点

阿舍勒铜矿床中黝铜矿的粒度一般很细,需镜下才能鉴定,只有个别产于变质石英脉中者可达3mm。镜下为灰白色,带浅绿色调。他形粒状,粒度和形态变化均很大。根据对阿舍勒铜矿床200多个光片和光薄片的观察,发现当矿石中黄铜矿大量出现时,即在黄铜黄铁矿矿石中,黝铜矿的粒度较小,数量也少;而当黄铜矿少见时,即在多金属矿石和多金属重晶石矿石中,黝铜矿的含量大增,粒度也大为增加。其共生组合在不同类型的矿石中也有所不同,但都比较简单,主要是:在含铜石英脉中,与黄铜矿、闪锌矿、方铅矿和石英、绿泥石共生;在块状铜锌矿石中,与黄铜矿、闪锌矿及黄铁矿共生并常无脉石矿物;在块状黄铁矿矿石中,主要与黄铁矿及少量的黄铜矿共生,此时黝铜矿的含量随着黄铜矿含量的降低而降低;在多金属矿石中,与闪锌矿(为主)、方铅矿及少量的黄铁矿、黄铜矿共生;在浸染状矿石中,可与黄铁矿、黄铜矿、石英、绢云母共生;在多金属重晶石矿石中则较为复杂,共生矿物主要有重晶石、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿和黄铁矿,常见银金矿和金银矿。在变质块状中、粗粒矿石中,黝铜矿与黄铜矿及闪锌矿和少量的金、银矿物共生,并呈边界平直的细脉状产出,如矿区南部7号矿化带804孔69m处的薄层状含铜黄铁矿矿石。有些受变质矿石中,黝铜矿的含量高于闪锌矿,并常常在黄铁矿变晶的两侧呈压力影出现,如I号矿体803孔266.5m处,在浸染状矿石粗粒变晶黄铁矿的两侧见到锌砷黝铜矿与黄铜矿一起呈压力影产出;在804孔91m处的黄铜石英脉中,黝铜矿呈树枝状穿插于黄铜矿之中;在多金属重晶石矿石中,局部黝铜矿的含量可大于黄铜矿,并与黄铜矿一起交代闪锌矿和黄铁矿,使黄铁矿呈明显的交代穿孔和交代港湾结构,闪锌矿则可呈交代残余结构。

3 黝铜矿的化学成分特征

黝铜矿由于粒度细小,并与其它矿物紧密交生,难以挑选单矿物,因此,对其化学成分的研究主要是借助于电子探针分析^[1,4]。考虑到分析精度,一般来说,黝铜矿族矿物电子探针测定的S、Cu、Fe、Zn、As、Sb、Ag的含量基本上是可靠的,其它一些微量元素如Mn、Cd、Co、Ni、Se、Te的含量很低,难以准确测定,一般也不采用。

3.1 不同矿体与不同类型矿石中黝铜矿的成分变化

阿舍勒铜矿床中黝铜矿的成分经电子探针分析,结果表明,I号矿体和II号矿体黝铜矿的成分明显不同(表1),I号矿体以砷黝铜矿为特征,As的含量变化于16.13%—23.81%,平均19.51%;Sb的含量变化于0.33%—3.90%(个别达8.92%),平均2.70%,因此,I号矿体以砷黝铜矿为特征,不存在锑黝铜矿,也不存在砷黝铜矿与锑黝铜矿连续变化的完全类质同像系列。II号矿体则相反,黝铜矿的As含量变化于2.93%—17.13%,平均8.51%;Sb

含量变化于 5.51%—23.54%，平均 16.71%，因此，II 号矿体的黝铜矿以锑黝铜矿为主，并存在砷黝铜矿与锑黝铜矿连续变化的趋势。另外，II 号矿体的锑黝铜矿含有一定量的 Ag，平均 2.26%；I 号矿体则基本上不含 Ag，一般小于 0.20%。无论是 I 号矿体还是 II 号矿体，黝铜矿中锰、镉、碲 (Te 未测出) 的含量均很低。此外，I 号矿体和 II 号矿体的黝铜矿均含有较高的 Zn，I 号矿体的砷黝铜矿 Zn 平均为 7.16%，II 号矿体的锑黝铜矿 Zn 平均为 7.81%，二者相差不大。虽然不同类型矿石的成因不同，成矿条件也不一样，但其中黝铜矿的 Zn 含量变化却不大。主矿体内不同类型矿石中的黝铜矿 As 和 Sb 的含量变化也不大，均以锌砷黝铜矿为特征，因而，锌砷黝铜矿是阿舍勒铜矿床中黝铜矿的主要类型。

表 1 新疆阿舍勒铜矿床中黝铜矿的化学成分 (%)

Table 1 Chemical composition of tetrahedrites from the Ashele copper deposit, Xinjiang (%)

样号	矿石	Zn	S	Cu	Fe	As	Sb	Ag	总和	化学式
Ba- 1	II	7.42	24.81	36.89	—	5.50	22.79	1.79	99.20	(Cu _{9.75} Ag _{0.28}) _{10.03} Zn _{1.91} (Sb _{3.14} As _{1.23}) _{4.35} S ₁₃
Ba- 2	II	—	29.09	46.38	1.39	17.13	5.51	0.45	99.95	(Cu _{10.46} Ag _{0.06}) _{10.52} Fe _{0.36} (Sb _{0.65} As _{3.28}) _{3.93} S ₁₃
Ba- 3	II	8.04	25.42	37.11	1.09	8.48	15.00	3.50	98.64	(Cu _{9.57} Ag _{0.53}) _{10.10} (Zn _{2.02} Fe _{0.32}) _{2.34} (Sb _{2.02} As _{1.86}) _{3.88} S ₁₃
Ba- 4	II	7.99	22.96	38.19	0.58	2.93	23.54	3.31	99.50	(Cu _{10.91} Ag _{0.56}) _{11.47} (Zn _{2.22} Fe _{0.19}) _{2.41} (Sb _{3.51} As _{0.71}) _{4.22} S ₁₃
Z- 1	D	6.31	27.71	43.18	1.57	19.30	1.84	—	99.91	Cu _{10.22} (Zn _{1.45} Fe _{0.42}) _{1.87} (Sb _{0.23} As _{3.87}) _{4.10} S ₁₃
Z- 2	D	4.96	28.54	41.85	1.68	21.35	2.96	—	101.34	Cu _{9.62} (Zn _{1.11} Fe _{0.44}) _{1.55} (Sb _{0.35} As _{4.16}) _{4.51} S ₁₃
Z- 3	iv	7.64	26.77	43.14	0.97	18.32	2.87	0.00	99.71	(Cu _{10.57} Ag _{0.00}) _{10.57} (Zn _{1.82} Fe _{0.27}) _{2.09} (Sb _{0.37} As _{3.81}) _{4.18} S ₁₃
111- 358.8	B	5.06	26.31	39.52	1.33	21.17	1.59	0.04	99.02	(Cu _{9.85} Ag _{0.01}) _{9.86} (Zn _{1.23} Fe _{1.51}) _{2.74} (Sb _{0.21} As _{4.48}) _{4.69} S ₁₃
111- 363.8	B	7.16	25.99	42.66	1.93	19.69	1.43	0.13	98.99	(Cu _{10.76} Ag _{0.02}) _{10.78} (Zn _{1.76} Fe _{0.55}) _{2.31} (Sb _{0.19} As _{4.22}) _{4.41} S ₁₃
111- 443.6	B	7.12	26.27	41.46	2.43	22.39	1.60	0.04	101.31	(Cu _{10.35} Ag _{0.01}) _{10.36} (Zn _{1.73} Fe _{0.69}) _{2.42} (Sb _{0.21} As _{4.74}) _{4.95} S ₁₃
111- 476.3	B	6.23	27.20	42.40	2.35	20.49	0.72	0.17	99.56	(Cu _{10.22} Ag _{0.02}) _{10.24} (Zn _{1.46} Fe _{0.65}) _{2.11} (Sb _{0.09} As _{4.19}) _{4.28} S ₁₃
111- 487.7	D	6.66	24.87	42.08	1.81	22.25	2.73	0.02	100.42	(Cu _{11.10} Ag _{0.00}) _{11.10} (Zn _{1.71} Fe _{0.54}) _{2.25} (Sb _{0.38} As _{4.98}) _{5.36} S ₁₃
111- 497.8	D	6.49	24.34	40.89	2.80	22.36	2.01	0.20	99.09	(Cu _{11.02} Ag _{0.03}) _{11.05} (Zn _{1.70} Fe _{0.86}) _{2.56} (Sb _{0.28} As _{5.11}) _{5.39} S ₁₃
111- 505.9	D	6.27	26.25	42.22	1.13	19.22	1.80	0.10	98.99	(Cu _{10.55} Ag _{0.01}) _{10.56} (Zn _{1.52} Fe _{0.89}) _{2.41} (Sb _{0.23} As _{4.07}) _{4.30} S ₁₃
111- 526.8	iv	7.07	24.25	40.64	1.88	22.13	2.72	0.28	98.97	(Cu _{10.99} Ag _{0.04}) _{11.03} (Zn _{1.86} Fe _{0.58}) _{2.44} (Sb _{0.38} As _{5.08}) _{5.46} S ₁₃
111- 571.1	D	6.23	26.35	41.78	2.90	20.27	1.29	0.23	99.05	(Cu _{10.40} Ag _{0.03}) _{10.43} (Zn _{1.51} Fe _{0.82}) _{2.33} (Sb _{0.17} As _{4.28}) _{4.45} S ₁₃
111- 576.4	B	7.82	27.98	42.03	1.20	21.04	0.81	0.10	100.98	(Cu _{9.85} Ag _{0.01}) _{9.86} (Zn _{1.78} Fe _{0.32}) _{2.10} (Sb _{0.10} As _{4.18}) _{4.28} S ₁₃
111- 588.5	iv	7.91	26.75	40.80	1.18	18.58	4.39	0.88	100.49	(Cu _{10.00} Ag _{0.13}) _{10.13} (Zn _{1.89} Fe _{0.33}) _{2.22} (Sb _{0.56} As _{3.86}) _{4.42} S ₁₃
103- 8	iv	5.97	28.89	42.53	2.53	18.09	2.34	0.06	100.41	(Cu _{9.65} Ag _{0.01}) _{9.66} (Zn _{1.32} Fe _{0.65}) _{1.97} (Sb _{0.28} As _{3.48}) _{3.76} S ₁₃
103- 274.9	B	7.06	27.40	42.04	2.53	20.45	0.96	0.11	100.55	(Cu _{10.06} Ag _{0.02}) _{10.08} (Zn _{1.64} Fe _{0.69}) _{2.33} (Sb _{0.12} As _{4.15}) _{4.27} S ₁₃
103- 287.2	D	6.97	26.30	41.41	2.49	19.78	2.01	0.00	98.96	(Cu _{10.33} Ag _{0.00}) _{10.33} (Zn _{1.69} Fe _{0.71}) _{2.40} (Sb _{0.26} As _{4.18}) _{4.44} S ₁₃
103- 298.3	D	4.77	26.86	42.22	2.73	19.31	3.22	—	100.11	Cu _{10.31} (Zn _{1.13} Fe _{1.04}) _{2.17} (Sb _{0.41} As _{4.00}) _{4.41} S ₁₃
103- 311	D	7.16	26.75	40.08	1.62	22.71	2.56	0.03	100.91	(Cu _{9.83} Ag _{0.00}) _{9.83} (Zn _{1.71} Fe _{0.45}) _{2.16} (Sb _{0.33} As _{4.72}) _{5.05} S ₁₃
103- 312.3	D	7.75	26.73	42.06	1.48	19.85	2.09	0.10	100.06	(Cu _{10.32} Ag _{0.01}) _{10.33} (Zn _{1.85} Fe _{0.41}) _{2.26} (Sb _{0.27} As _{4.13}) _{4.40} S ₁₃
103- 336.6	m	5.96	26.62	41.65	2.67	19.86	2.37	0.21	99.34	(Cu _{10.26} Ag _{0.03}) _{10.29} (Zn _{1.43} Fe _{0.75}) _{2.18} (Sb _{0.31} As _{4.15}) _{4.46} S ₁₃
106- 252	iv	7.32	27.26	40.11	0.92	20.50	4.67	0.67	101.45	(Cu _{9.65} Ag _{0.09}) _{9.74} (Zn _{1.71} Fe _{0.25}) _{1.96} (Sb _{0.59} As _{4.18}) _{4.77} S ₁₃
106- 293.5	m	7.72	25.51	40.80	0.66	16.13	8.74	0.15	99.71	(Cu _{10.49} Ag _{0.02}) _{10.51} (Zn _{1.93} Fe _{0.19}) _{2.12} (Sb _{1.17} As _{3.52}) _{4.69} S ₁₃
106- 294	m	7.66	24.89	39.90	0.69	16.73	8.92	0.48	99.27	(Cu _{10.51} Ag _{0.07}) _{10.58} (Zn _{1.96} Fe _{0.21}) _{2.17} (Sb _{1.23} As _{3.74}) _{4.95} S ₁₃
503- 481	B	6.70	26.45	41.83	1.51	21.22	0.49	0.06	98.26	(Cu _{10.37} Ag _{0.01}) _{10.38} (Zn _{1.62} Fe _{0.43}) _{2.05} (Sb _{0.06} As _{4.46}) _{4.52} S ₁₃
503- 491.3	m	7.52	26.63	41.61	1.19	23.81	0.33	0.04	101.13	(Cu _{10.25} Ag _{0.01}) _{10.26} (Zn _{1.80} Fe _{0.33}) _{2.13} (Sb _{0.04} As _{4.97}) _{5.01} S ₁₃
503- 505	m	5.32	26.64	40.19	2.32	21.81	1.31	0.00	99.50	(Cu _{9.89} Ag _{0.00}) _{9.89} (Zn _{1.27} Fe _{1.18}) _{2.45} (Sb _{0.17} As _{4.55}) _{4.72} S ₁₃
503- 508.5	m	5.98	26.78	40.52	1.82	22.03	1.10	0.17	100.76	(Cu _{9.92} Ag _{0.02}) _{9.94} (Zn _{1.42} Fe _{1.16}) _{2.58} (Sb _{0.14} As _{4.58}) _{4.72} S ₁₃
503- 537.7	B	7.98	26.79	41.54	1.29	18.58	3.46	0.06	99.70	(Cu _{10.17} Ag _{0.01}) _{10.18} (Zn _{1.90} Fe _{0.36}) _{2.26} (Sb _{0.44} As _{3.86}) _{4.30} S ₁₃
503- 581.6	m	5.93	26.27	41.02	2.76	22.28	1.19	0.05	100.50	(Cu _{10.24} Ag _{0.01}) _{10.25} (Zn _{1.44} Fe _{1.07}) _{2.51} (Sb _{0.16} As _{4.72}) _{4.88} S ₁₃

样号	矿石	Zn	S	Cu	Fe	As	Sb	Ag	总和	化学式
503- 594. 7	D	7. 10	25. 98	40. 47	1. 42	20. 85	3. 90	0. 12	99. 84	(Cu _{10.22} Ag _{0.02}) _{10.24} (Zn _{1.74} Fe _{0.41}) _{2.15} (Sb _{0.51} As _{4.46}) _{4.97} S ₁₃
503- 646	D	7. 45	26. 42	41. 03	1. 36	23. 17	1. 54	0. 00	100. 97	(Cu _{10.18} Ag _{0.00}) _{10.18} (Zn _{1.80} Fe _{0.38}) _{2.18} (Sb _{0.20} As _{4.88}) _{5.08} S ₁₃
503- 655	m	6. 30	26. 47	40. 26	3. 71	22. 63	1. 38	0. 19	100. 94	(Cu _{9.98} Ag _{0.03}) _{10.01} (Zn _{1.52} Fe _{1.05}) _{2.57} (Sb _{0.18} As _{4.76}) _{4.94} S ₁₃
503- 657	m	6. 97	27. 21	41. 80	2. 90	18. 59	1. 13	0. 27	98. 87	(Cu _{10.07} Ag _{0.04}) _{10.11} (Zn _{1.63} Fe _{0.79}) _{2.42} (Sb _{0.14} As _{3.80}) _{3.94} S ₁₃
503- 677	D	3. 41	27. 35	42. 40	4. 12	20. 47	1. 04	0. 06	98. 85	(Cu _{10.17} Ag _{0.01}) _{10.18} (Zn _{0.80} Fe _{1.12}) _{1.92} (Sb _{0.13} As _{4.16}) _{4.29} S ₁₃
402- 319	m	6. 05	26. 62	40. 52	4. 06	21. 88	2. 16	0. 16	101. 45	(Cu _{9.98} Ag _{0.02}) _{10.00} (Zn _{1.45} Fe _{1.14}) _{2.59} (Sb _{0.28} As _{4.57}) _{4.85} S ₁₃
402- 336. 6	D	6. 68	24. 73	40. 07	3. 44	21. 18	2. 73	0. 25	99. 08	(Cu _{10.63} Ag _{0.04}) _{10.67} (Zn _{1.72} Fe _{1.04}) _{2.76} (Sb _{0.38} As _{4.76}) _{5.14} S ₁₃
402- 337. 9	D	7. 00	25. 20	39. 96	1. 39	23. 57	2. 06	0. 25	99. 43	(Cu _{10.40} Ag _{0.04}) _{10.44} (Zn _{1.77} Fe _{0.41}) _{2.18} (Sb _{0.28} As _{5.20}) _{5.48} S ₁₃
402- 365. 3	B	7. 62	26. 88	42. 27	1. 07	19. 71	2. 93	0. 07	100. 55	(Cu _{10.31} Ag _{0.01}) _{10.32} (Zn _{1.81} Fe _{0.30}) _{2.11} (Sb _{0.37} As _{4.08}) _{4.45} S ₁₃
402- 372. 5	iv	7. 59	26. 75	42. 17	1. 01	20. 34	1. 38	0. 13	99. 37	(Cu _{10.34} Ag _{0.02}) _{10.36} (Zn _{1.81} Fe _{0.28}) _{2.09} (Sb _{0.18} As _{4.23}) _{4.41} S ₁₃
402- 402. 1	m	7. 72	26. 47	38. 55	2. 43	23. 49	1. 23	0. 21	100. 10	(Cu _{9.55} Ag _{0.03}) _{9.58} (Zn _{1.86} Fe _{0.68}) _{2.54} (Sb _{0.16} As _{4.94}) _{5.10} S ₁₃
104- 12	iv	7. 19	28. 45	41. 57	0. 91	9. 06	3. 08	0. 20	99. 64	(Cu _{9.58} Ag _{0.03}) _{9.61} (Zn _{1.61} Fe _{0.02}) _{1.63} (Sb _{0.37} As _{3.73}) _{4.10} S ₁₃
802- 120	iv	6. 67	28. 45	40. 95	1. 27	20. 81	1. 34	0. 20	99. 69	(Cu _{9.44} Ag _{0.03}) _{9.47} (Zn _{1.49} Fe _{0.33}) _{1.82} (Sb _{0.16} As _{4.07}) _{4.23} S ₁₃
802- 250	m	7. 39	28. 94	39. 02	1. 36	18. 76	1. 62	0. 12	97. 21	(Cu _{8.84} Ag _{0.02}) _{8.86} (Zn _{1.63} Fe _{0.35}) _{1.98} (Sb _{0.19} As _{3.61}) _{3.80} S ₁₃
1203- 290	iv	7. 09	29. 72	39. 84	1. 73	17. 75	1. 49	0. 50	98. 12	(Cu _{8.79} Ag _{0.06}) _{8.85} (Zn _{1.52} Fe _{0.43}) _{1.95} (Sb _{0.17} As _{3.32}) _{3.49} S ₁₃
Zk111	(11)	6. 73	26. 05	41. 50	2. 54	20. 87	1. 92	0. 20	99. 81	Zn/Fe 3. 40 As/Sb 14. 0 Cu/S 1. 60
ZK503	(9)	6. 70	26. 49	40. 94	2. 52	21. 82	1. 63	0. 24	100. 34	Zn/Fe 3. 71 As/Sb 23. 6 Cu/S 1. 54

II—II号矿体多金属重晶石矿石; D 一条带状多金属矿石; m 一致密块状铜锌矿石; iv 一细脉浸染状矿石; B 一变质矿石; 括号内为样品数部分样品由中国地质大学(北京)电子探针实验室分析; 部分样品由新疆地质矿产研究所电子探针实验室分析

3.2 主矿体中黝铜矿成分的时空变化

阿舍勒铜矿床经历了同生沉积和热-动力变质两个主要成矿期,其中又以同生沉积成矿为主,变质矿石中的黝铜矿很可能是沉积矿石中的原生沉积黝铜矿经塑性流动而成的,两者在化学成分上并没有多大的区别(表 2)。这表明变质矿石主要是受变质矿石而不是变成矿石,因而,变质过程中可能没有新的成矿物质的带入,只是部分较为塑性的矿物(除黝铜矿外还有方铅矿和闪锌矿)由于韧性剪切作用而发生塑性流动,而且位移的距离也不大,常常在硬矿物(主要是黄铁矿)的边部形成压力影。

表 2 阿舍勒铜矿床不同矿石中黝铜矿的成分与物理化学参数*

Table 2 Chemical composition and physicochemical parameters of tetrahedrites from different kinds of ores in Ashele copper deposit

矿石类型(样数)	Zn	S	Cu	Fe	As	Sb	Ag	压力 (×10 ⁵ Pa)	温度 (℃)	pH	Eh	lgf _{o₂}
II号矿体重晶石多金属矿石 D(4)	7. 81	25. 57	39. 64	1. 02	8. 51	16. 71	2. 263	195. 8	211	4. 28	- 0. 58	- 43. 3
I号矿体条带状多金属矿石 D(15)	6. 35	26. 29	41. 45	2. 33	21. 04	2. 25	0. 105	221. 2	277	3. 88	- 0. 59	- 37. 3
I号矿体块状铜锌矿石 m(2)	7. 74	25. 20	40. 35	0. 68	16. 43	8. 83	0. 315					
I号矿体块状黄铁矿矿石 m(10)	6. 51	26. 87	40. 51	3. 05	21. 51	1. 38	0. 142	239. 1	300	3. 05	- 0. 50	- 36. 1
I号矿体细脉浸染状矿石 iv(9)	7. 16	27. 48	41. 31	1. 29	19. 51	2. 70	0. 324	234. 9	304	3. 40	- 0. 55	- 35. 8
I号矿体块状变质黄铁矿矿石 B(9)	6. 97	26. 81	41. 75	2. 18	20. 53	1. 55	0. 087		293			

* 物理化学参数引自王登红博士论文《新疆阿舍勒火山岩型块状硫化物铜矿床成矿机制与成矿模式》,1995

以 ZK111 孔和 ZK503 孔为重点,系统研究了黝铜矿化学成分随深度的变化,结果发现

变化规律不明显(图1);而不同深度的矿石在成因类型、成矿温度、成矿压力及氧逸度、硫逸度等方面均各不相同。不同的矿石在空间上具有分带性,自上而下依次为重晶石多金属矿石→条带状多金属矿石→致密块状矿石→细脉浸染状矿石,其成矿温度、压力、pH、Eh和 $\lg f_{O_2}$ 均连续变化,但黝铜矿的化学成分却没有发生相应的变化(表2)。可见,阿舍勒铜矿床主矿体中黝铜矿的化学成分较为均一,这是它的一个显著特点。不同钻孔中黝铜矿的成分变化也不是很大,但较同一钻孔明显,如矿体中心部位ZK111孔和ZK503孔的黝铜矿含Cu、Fe、Sb、As较高,含Zn、S较低;向矿体中心(或喷气口)显示含量增高的元素有Cu、Fe和Sb,而S向矿体中心降低;Cu/S比值以矿体中心最高,而As/Sb比值由南向北呈逐渐升高的变化趋势。

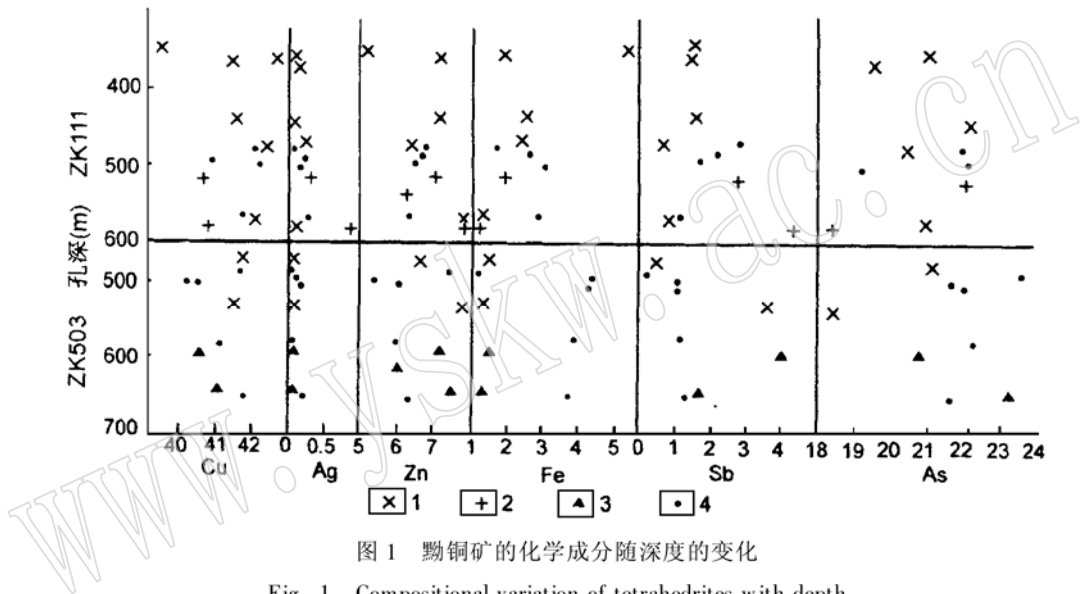


Fig. 1 Compositional variation of tetrahedrites with depth

1—变质矿石; 2—细脉浸染状矿石; 3—条带状多金属矿石; 4—致密块状铜锌矿石

4 与其它类型矿床的对比

黝铜矿是各类硫化物矿床中的常见矿物,有时在热液型金矿(如墨西哥圣托尼诺金矿脉)中也产出较多,但是,不同类型矿床中黝铜矿的成分变化很大。因此,对于黝铜矿化学成分标型特征的研究一直较为重视,但尚未取得一致的结论。从上文可知,阿舍勒矿床同一矿区的两个矿体,黝铜矿的成分出现两种类型, I号矿体富砷, II号矿体则富锑,二者之间不存在连续变化的系列。从表3可以进一步发现,与阿舍勒矿床属于同一矿床成因的白银厂地区也有类似情况,即富砷和富锑的两个端员都存在,且含锌均较高,因而这种现象不是偶然的。但是,在矿石类型上,阿舍勒矿床的II号矿体与白银厂小铁山相似,均是铅锌为主的黑矿石,但阿舍勒II号矿体黝铜矿富锑贫砷,小铁山则富砷贫锑,正好相反。可见,相同类型的矿床或成矿区可能出现相似的黝铜矿,但相同类型的矿体或矿石可以出现成分差别很大的黝铜矿。这可能是黝铜矿的成分受区域性地球化学特征控制的缘故,具体的物理化学条件可能不是主要的因素。这对于地质找矿具有一定的意义。从表3中还可以发现,一般的铅

锌矿床中, 不管其成因是海底喷气沉积的还是岩浆热液型, 锌砷黝铜矿均少见, 但在别子型铜矿床中却出现锌砷黝铜矿, 而别子型铜矿床与阿舍勒铜矿床和白银厂铜矿床在成因上相类似。

表3 阿舍勒铜矿床与其它矿床中黝铜矿化学成分的对比

Table 3 Chemical composition of tetrahedrites from Ashele copper deposit and other deposits

矿床	样数	Cu	Ag	Fe	Zn	As	Sb	S	Mn 或 Te	Cd	总和	资料来源
阿舍勒 I 号矿体	45	41.07	0.19	1.91	6.95	19.80	3.34	26.53	0.026	0.12	99.936	本文
阿舍勒 II 号矿体	4	39.64	2.26	1.02	7.81	8.51	16.71	25.57			101.52	本文
阿尔捷莫耶夫	2	38.51	2.66	1.26	6.76	12.26	11.73	26.07	0	0.33	99.58	本文
尼古拉耶夫	3	43.94	0.00	2.24	6.83	21.82	0.09	26.78	0	0.09	101.79	本文
舍莫纳耶夫	1	40.53	0.70	1.97	6.38	17.15	6.34	26.54	0	0.10	99.71	本文
新列宁诺戈尔斯克	1	40.26	0.77	1.06	6.77	11.57	11.18	27.80	0	0.18	99.59	本文
折腰山铜锌矿		40.15	0.98	2.43	6.21	17.67	3.27	28.01			98.72	①
折腰山铜锌矿		35.54	3.35	1.34	6.04	1.40	29.85	24.13			101.65	①
折腰山铜锌矿		29.72	8.86	1.33	6.19	1.35	28.97	23.59			100.01	①
小铁山锌铅铜矿	8	43.00	0.05	3.57	4.25	16.57	4.50	26.94	Te 0.14		99.02	①
河北青龙铜矿		38.19		0.05	7.37	5.49	21.07	27.48			99.65	②
青城子铅锌矿	8	13.85	33.40	3.92	2.04		26.69	20.10			100	[5]
蔡家营铅锌矿	1	33.20	16.92	2.18	5.40		16.69	24.60			98.99	[6]
蔡家营铅锌矿	3	18.56	26.52	3.43	3.26	0.83	26.62	21.37			100.59	[6]
呷村铅锌矿	6	34.33	1.90	3.94	2.51	1.47	29.15	25.54	0.01		98.85	[7]
呷村铅锌矿	24	39.10	0.78	1.79	6.63	5.89	21.67	22.69	0.03		98.58	[7]
白洋厂铅锌矿	2	36.80	1.59	1.49	6.46	17.46		25.37			89.17	[7]
措莫隆铅锌矿	1	44.93	1.57	0.79	1.30	17.51	5.31	28.59			100	[7]
四川赤普铅锌矿	4	42.03	0.38	2.12	5.85	15.17	7.90	27.46			100.91	[8]
拉尔玛金矿	2	41.09	0.28	0.77	7.44	13.41	11.24	26.18			100.41	[8]
邓家山铅锌矿	6	34.11	6.35	3.33	3.47	6.10	21.36	25.01			99.73	[9]
河南围山金银矿	2	19.17	27.86	2.12	3.03	0.57	25.77	20.30			98.82	[8]
大厂锡多金属矿	9	31.46	12.20	4.33	1.10	0.62	26.05	23.35			99.11	[10]
芒场锡矿		25.65	15.74	5.67	1.42		27.71	23.49			99.68	[11]
桂北老厂铅锌矿	3	32.89	6.76	1.73	5.53	2.44	26.21	23.31			98.87	[8]
湖南东坡铅锌矿	3	24.69	18.11	3.20	3.35	1.06	26.73	22.11			99.25	[8]
陆丰硫铁矿	2	41.06	0.83	2.50	0.11	9.86	3.58	24.55	Te 18.29		100.78	[12]
别子型铜矿	11	45.20		0.27	4.95	13.49	3.09	26.85	Te 6.48		100.33	[13]
Broken Hill 铅锌矿	7	21.75	21.75	4.93	1.02	0.97	26.77	21.93	0.57	0.77	100.46	[14]
Ross 金矿	4	41.19	3.04	1.64	6.86	19.73		28.00			100.46	[15]

①任秉琛等, 祁连山东段块状硫化物矿床区域成矿规律与找矿预测。地科院科研报告 090129 号, 1992。

②赵振玲, 河北省青龙县锌黝铜矿的初步研究。河北地质情报, 1992, (3): 9-13。

5 结 语

黝铜矿是阿舍勒铜矿床中仅次于黄铜矿的主要含铜矿物之一, 并以富锌、砷的锌砷黝铜矿为主, 且在矿体的不同空间和不同类型矿石中差别不大。已有的资料表明, 阿尔泰成矿带无论是在国内(如阿舍勒)还是在哈萨克斯坦, 均出现锌砷黝铜矿, 而且是主要类型^[16], 这可

能是该成矿带的一个共性。尽管这些矿床有的以铜为主,有的以铅锌为主,但它们都是与海相火山作用有关的块状硫化物矿床,产出于相同的大地构造环境,因此,可以认为锌砷黝铜矿的大量产出是阿尔泰成矿带的一个属于共性的特征。在我国河北青龙县的干沟地区,在蚀变安山岩中发现含铜石英脉中的黝铜矿与阿舍勒铜矿床中的黝铜矿很相似,应该进一步工作;四川的赤普铅锌矿中也出现锌砷黝铜矿,那里是否有存在铜矿的可能,也值得进一步研究。在阿舍勒铜矿区,首先发现的也是含黝铜矿的铅锌重晶石矿体(即II号矿体),后来才找到大型的I号铜矿体。

参 考 文 献

- 1 甫为民,李峰,颜文. 黝铜矿研究综述. 地质科技情报, 1993, 12(4): 63—68.
- 2 王登红. 新疆阿舍勒铜矿区双峰式火山岩与成矿背景的初步研究. 地质论评, 1996, 42(1): 45—53.
- 3 王登红. 新疆阿舍勒铜矿区火山岩与成矿. 地质科学, 1996, 31(2): 163—169.
- 4 毛水和. 黝铜矿族矿物的EPMA研究. 矿物岩石, 1992, 12(2): 1—6.
- 5 王莉娟,方楠. 青城子铅锌矿榛子沟矿床伴生银矿石工艺矿物学研究. 矿产与勘查, 1989, (4): 25—39.
- 6 黄典豪,丁孝石,吴澄宇,张长江. 蔡家营铅-锌-银矿床. 北京:地质出版社, 1992.
- 7 叶庆同等. 怒江、澜沧江、金沙江地区铅锌矿床成矿特征和成矿系列. 北京:北京科学技术出版社, 1991.
- 8 龙训荣. 黝铜矿化学组成特征研究新进展. 四川地质学报, 1996, 16(3): 287—288.
- 9 王玲之. 邓家山铅锌矿床黝铜矿的特征及其地质意义. 矿产与勘查, 1989(4): 22—24.
- 10 陈毓川,黄民智,徐珏,胡云中,唐绍华,李荫清,孟令库. 大厂锡矿地质. 北京:地质出版社, 1993.
- 11 卫冰洁,李树芳,尹子芳,耿明山. 广西芒场锡多金属矿床硫酸盐矿物研究. 地质找矿论丛, 1986, 1(4): 47—57.
- 12 夏学惠,黄富荣,刘昌涛. 砷黝铜矿在我国的首次发现及其找矿意义. 岩石矿物学杂志, 1995, 14(4): 360—364.
- 13 Kasto Kase. Tellurian tennantite from the Besshi-type deposits in the Sambagawa metamorphic belt, Japan. Can. Min., 1986, 24(3): 399—404.
- 14 Both R A and Stumpel E F. Distribution of silver in the Broken Hill orebody. Econ. Geol., 1987, 82: 1037—1043.
- 15 Akande S O. Coexisting precious metals, sulfosalts and sulfides minerals in the Ross gold mine, Holtvre, Ontario. Can. Min., 1985, 23(1): 95—98.
- 16 王 濮,潘兆枢,翁玲宝等. 系统矿物学(下册). 北京:地质出版社, 1982.

Characteristics of Tetrahedrite from the Ashele Copper Deposit, Xinjiang

Wang Denghong, Chen Yuchuan, Ye Qingtong, Liu Yulin

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

Key words: volcanogenic massive deposit; tetrahedrite-tennantite; Ashele copper mine; Xinjiang

Abstract

Tetrahedrite is a common cupreous sulfide mineral in the Ashele volcanic massive sulfide

(下转第92页)

www.yskw.ac.cn

(上接第 80 页)

deposit. In the main (No. I) orebody, it is characterized by high As content but low Sb, in No. II orebody, it is characterized by high Sb content but low As; in both orebodies, it is characterized by high Zn content and insignificant temporal and spatial variations of chemical compositions. Compared with other kinds of ore deposits, zinc_tennantite is a kind of typomorphic mineral in the Altai mineralization province and is useful for the exploration of volcanogenic massive sulfide deposits.