

吉林下活龙金矿氧化带螺状硫银矿的特征及其成因

李 桢 熙

(吉林省地质科学研究所, 长春)

具 松 竹

(吉林省地质矿产局第五地质调查所, 长春)

吉林下活龙金矿氧化带矿石中, 银主要以螺状硫银矿形式富集为具有工业价值的银矿物。螺状硫银矿多呈礁状、蜂窝状、被膜状以及胶状沉淀的隐晶质集合体, 充填于方铅矿的裂隙和附生在白铅矿颗粒的表面上, 常常构成铅矿的富银矿石。根据电子探针分析结果计算的螺状硫银矿的分子式与理论分子式相近。除了银、硫等主要组分之外, 还有微量的金、铅、硒等元素。晶胞参数 $a = 9.52 \text{ \AA}$, $b = 6.93 \text{ \AA}$, $c = 8.29 \text{ \AA}$, $\beta = 123^\circ 49'$ 。粉晶衍射最强线为 2.628(100), 2.581(100), 2.463(90) 和 2.38(90)。

本文以扫描电子显微镜观察为基础, 并通过化学分析、X射线粉晶衍射、晶胞参数测定、电子探针分析以及其它物理手段, 探讨了吉林集安下活龙金矿氧化带大量出现的螺状硫银矿的矿物学特征、共生组合及其形成条件, 以便有助于研究金矿氧化带发育特征和对矿床的正确评价。

一、地质概况

下活龙金矿位于中朝地台辽东地块东西向构造带与北东、北北东向构造带交汇处, 桦树岭向斜南翼。矿体赋存于由混合岩化黑云变粒岩, 蚀变闪长玢岩和混合岩化浅粒岩组成的下元古界一套变质岩系中, 严格受断裂构造控制的网状石英脉和黄铁绢英岩构成的蚀变带内。矿区南北两侧均有燕山期花岗岩体侵入。我们认为该矿床应属于破碎带蚀变岩型金矿。矿石矿物组合按其成因类型划分为三类: 热液结晶作用形成的金属矿物为黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂、磁铁矿、银金矿、黝铜矿; 蚀变交代作用形成的主要金属矿物有辉铜矿、斑铜矿、铜蓝; 表生作用下形成的矿物有螺状硫银矿、自然银、角银矿、黄钾铁矾、白铅矿、铅矾、孔雀石、褐铁矿、软锰矿以及铁、锰氢氧化物等。

原生矿石中银的硫化物主要呈分散状态, 赋存于铅、锌等金属硫化物中, 其粒径往往小于电子束斑, 以通常采用的电子探针分析, 难以确认其赋存状态。氧化带矿石中银的含量超过原生矿石的数十倍。银主要以螺状硫银矿的形式大量出现, 并已富集为具有工业价值的银矿物。自然银和角银矿是螺状硫银矿的氧化产物, 分布广而其量极少。本文的研究样品采自本矿区17号矿脉的氧化带中, 研究的目的是为了探讨螺状硫银矿的矿物学特征、共生组合及其形成条件。

二、物理性质及化学组成

螺状硫银矿呈礁状、蜂窝状、树枝状以及胶状沉淀的隐晶质集合体，常与氧化带其它矿物紧密共生。颜色为深铅灰色到铅灰色，金属光泽，其维氏硬度 $H_v=23.96\text{kg/mm}^2$ ，显微镜下观察灰白带绿色，无内反射。用单晶锲做比标测得反射率（表1）和反射光谱（图1）中，不难看出螺状硫银矿的非均质性和反射率变化特点。

表 1 螺状硫银矿的反射率 (R%)
Table 1 The reflectivity (%) of acanthite

λ (nm)	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	720
R%	32.1	32.1	32.1	32.0	31.5	31.2	30.8	29.7	29.4	29.2	28.5	28.2	28.2	28.2	28.1	28.1

测试者：中国科学院长春物理研究所 杨左辰

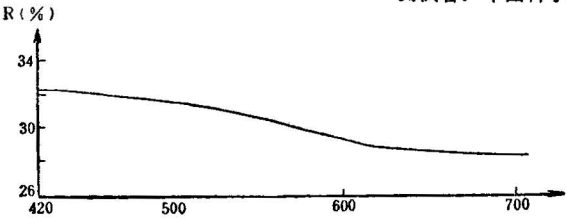


图 1 螺状硫银矿的反射光谱
Fig. 1 The reflective spectrum of acanthite

表 2 螺状硫银矿的电子探针分析
Table 2 Electron microprobe analyses of acanthite

样品编号	元 素 含 量 (%)											总计	化 学 式
	Ag	Au	Cu	Pb	Zn	Sb	As	Bi	Se	Te	S		
YH-1	86.59	0	0.05	0	0	0.01	0.03	0.22	0.10	0.06	12.93	99.99	$\text{Ag}_{1.99}\text{S}$
YH-2	86.42	0	0.19	0.21	0	0	0.01	0.18	0.07	0.05	12.88	100.01	$\text{Ag}_{1.99}\text{S}$
YH-3	85.18	0.11	0.21	1.52	0.02	0	0.03	0	0.11	0.02	12.78	99.95	$\text{Ag}_{1.97}\text{Pb}_{0.02}(\text{S}_{0.99}\text{Se}_{0.01})$

分析者：中国科学院长春物理研究所 刘通康

在双目镜下，手选单矿物后，用美国产AMRAY-1000B型扫描电子显微镜进行图象观察，并用电子探针及X射线能谱仪进行矿物成分分析的结果列于表2。根据表2中的数据计算的螺状硫银矿的分子式与理论分子式很相近。除了银、硫等主要组分之外，还有微量的金、铅、铜、砷、铋和碲等成矿元素。

三、X射线衍射分析

一些螺状硫银矿呈辉银矿的立方体与八面体聚形的假像，X射线粉晶衍射数据显示螺状硫银矿的对称。我们对本区的螺状硫银矿作了X射线粉晶照像衍射分析。实验条件是 $\text{FeK}\alpha$ ，30kV，20mA。用德拜相机（直径114.6mm）所拍摄的粉末衍射图，测出 d 值，目测估计强度（表3），

表 3 射线粉晶分析结果对比

Table 3 X-Comparison of the result of X-ray powder analysis

吉 林 集 安 下 活 龙				苏联喀尔巴阡山 ⁽¹⁾	
No.		d	hkl		d
1	1	3.458	002, 210	2	3.461
2	1	3.39	212	2	3.371
3	3	3.085	012	4	3.085
4	4	2.853	311	5	2.846
5	3	2.673	121	4	2.667
6	10	2.628	220	10	2.626
7	10	2.581	222	10	2.586
8	9	2.463	131, 022	9	2.469
9	9	2.38	402	9	2.381
10	6	2.215	131	6	2.218
11	5	2.113	123, 202	6	2.091
12	1	2.053	204	1	2.056
13	1	2.01	311, 230, 212	1	2.004
14	2	1.964	214, 422	2	1.961
15	2	1.911	032, 410	2	1.908
16	2	1.872	414, 113	2	1.878
17	2	1.721	004, 420, 511	2	1.723
18	2	1.582	242, 521	2	1.584
19	1	1.514	341, 515	2	1.515
20	1	1.481	434, 133	1	1.488
21	2	1.46	533, 143	2	1.462
22	1	1.420	622	2	1.420
23	1	1.344	341	1	1.342
24	1	1.335	242, 713	1	1.333

分析者：中国科学院长春物理研究所 张志舜

表 4 螺状硫银矿的晶胞参数

Table 4 Unite cell parameter of acanthite

产 地	晶 胞 参 数				资 料 来 源
	a (Å)	b (Å)	c (Å)	β	
吉林集安下活龙	9.52	6.93	8.29	123°49′	本 文
苏联喀尔巴阡山	9.53	6.93	8.28	123°37′	В. В. Грицик ⁽¹⁾

在电子计算机上利用自编程序，计算出其晶胞参数（表4）。从表3和表4中所列的数据不难看出，本区螺状硫银矿的晶面间距和晶胞参数与 В. В. Грицик⁽¹⁾发表的苏联喀尔巴阡山螺状硫银矿的资料甚为符合。

四、共生矿物及其形成条件

螺状硫银矿除了呈辉银矿的立方体与八面体聚形的假像（图版 I-1）之外，多呈礁状、蜂窝状（图版 I-2）、被膜状（图版 I-3）以及胶状沉淀的隐晶质集合（图版 I-4），包裹方铅矿呈球

团状(图版 I-5), 充填于方铅矿裂隙(图版 I-6) 和附生在白铅矿颗粒表面上(图版 I-7), 常构成铅矿的富银矿石。白铅矿的溶解度极小, 氧化条件下较为稳定。多数白铅矿是氧化或交代方铅矿而形成。氧化条件下白铅矿起着防止方铅矿继续氧化的保护壳作用。白铅矿常常保留方铅矿的原解理。铅矾带与白铅矿共生。

蜂窝状、被膜状螺状硫银矿的微粒, 有时附着在褐铁矿表面。这些褐铁矿的局部往往可见锰氧化物的浸染现象。褐铁矿与软锰矿以及铁锰氢氧化物类矿物, 常常构成韵律状皮壳表面, 被膜状、雪花状螺状硫银矿和自然银往往附生在其上面(图版 I-8)。褐铁矿与黄钾铁矾伴生, 其裂隙和孔洞中常见孔雀石和次生自然银, 这些自然银几乎不含金, 其它杂质也很低。石墨中可见吸附或机械嵌入的微粒银矿物。

综上所述, 地表或近地表的氧化作用和化学作用下, 金和银的载体矿物逐步分解, 其中银脱离载体矿物, 先氧化成银的硫酸盐形式, 向下淋滤交代原生矿。由于银的硫酸盐不稳定, 在与硫化氢溶液的作用下, 形成含银硫化物溶胶, 充填于方铅矿的裂隙和解理或附着在白铅矿颗粒表面, 呈礁状、蜂窝状螺状硫银矿。铁、锰均属变价元素, 氧化带中铁和锰等变价元素的氧化, 将有助于银的硫酸盐还原为含银硫化溶胶, 从而形成螺状硫银矿和白银矿。

五、结 语

吉林集安下活龙金矿 17 号矿脉氧化带螺状硫银矿大量富集为具有工业价值的银矿物。根据其伴生的铁锰氧化物颗粒具有与深成结构不同的同心条带和皮壳状构造, 足以证明这些螺状硫银矿是氧化环境下次生富集而成。这显然与该处的地球化学特征有关。本区氧化带矿物共生组合关系的分析结果表明, 氧化带银的次生富集过程中, 铅矿物和铁锰氧化物类矿物起了地球化学屏障作用和沉淀剂作用。因为方铅矿及其氧化带次生矿物中解理和裂隙发育, 为氧化淋滤作用下形成的含银溶胶的充填和沉淀提供了较好的场所, 所以本区氧化带银的次生富集作用与铅矿物关系很密切, 其次为铁、锰氧化物或氢氧化物类矿物。与纯的铁氧化物或氢氧化物相比, 铁、锰氧化物或氢氧化物类矿物与银矿物之间关系更为密切。

在地表或近地表氧化淋滤作用下, 脱离载体物的银, 以溶胶体形式迁移和次生富集, 与此相比金的次生富集现象不够明显。强烈的剥蚀作用和构造运动, 严重地破坏了本区氧化带的正常分布范围和氧化带发育特征的地质依据。因此, 详细研究本区 17 号矿脉氧化带螺状硫银矿及其共生矿物特征, 对矿床的合理评价和氧化带某些特征与找矿关系等方面的研究, 将有一定的意义。

在此项研究工作中, 中国科学院长春物理研究所张志舜, 刘迺康协助了 X 射线分析和电子探针分析, 杨左辰参加了部分物性测试, 尤其是长春地质学院地质系兰玉琦教授详细审阅了文稿, 并提出了宝贵意见。特此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] Грицик, В. В., 1984, Акантит из Закарпатья. Минералогический Журнал, Том. 6, № 6, ст. 74-76.

CHARACTERISTICS AND GENESIS OF ACANTHITE IN THE OXIDATION ZONE OF THE XIAOHUOLONG GOLD DEPOSIT, JILIN PROVINCE

Li Zenxi

(Jilin Institute of Geological Science)

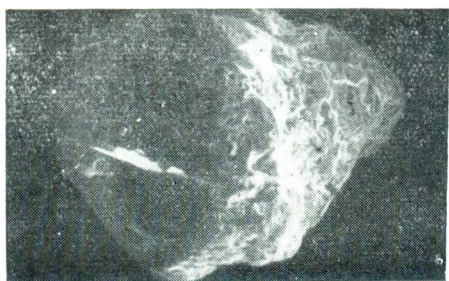
Ju Songzhu

(No. 5 Geological Survey, Bureau of Geological and Mineral Resources of Jilin Province)

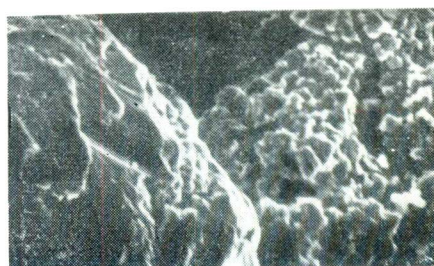
Abstract

Acanthite occurs in large amount in the oxidation zone of the Xiaohuolong goldfield, Ji'an, Jilin province, and is associate with cerussite, cerargyrite, native silver, limonite, pyrolusite, malachite, jarosite and graphite. Small grains of acanthite are sometimes observed whithin pyrolusite aggregates. However, in most cases acanthite forms pocket fillings along cleavages and cracks of cerussite or galena and forms films around cerussite or galena. Acanthite of various morphologies intimately intergrow with galena or cerussite, forming silver-rich lead ore. It is the most abundant and economically most important silver-bearing ore, while sporadical native silver and cerargyrite occur in trace amount. They may be regarded as two oxidized minerals of acanthite.

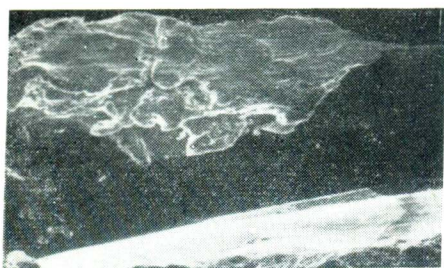
The formula calculated on the basis of the result of the electron microprobe analysis is $\text{Ag}_{1.99}\text{S}$ with trace amounts of Cu, As, Sb, Bi, Se and Te. $H(\nu)(50) = 23.96\text{kg/mm}^2$. The mineral is monoclinic. The strongest lines in the X-ray diffraction partern are: 2.628(100), 2.581(100), 2.463(90) and 2.38(90). Cell parameters: $a = 9.521\text{\AA}$, $b = 6.93\text{\AA}$, $c = 8.29\text{\AA}$, and $\beta = 123^\circ 43'$. This is in agreement with the crystal structure of acanthite from the Transcarpathian area as reported by V. V. Gritsik⁽¹⁾.



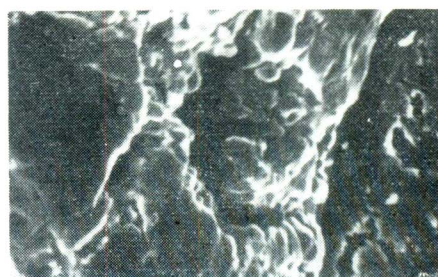
1. 螺状硫银矿呈立方体与八面体聚形的 辉银矿假像
扫描电镜, ×150



2. 礁状、蜂窝状螺状硫银矿
扫描电镜, ×1000



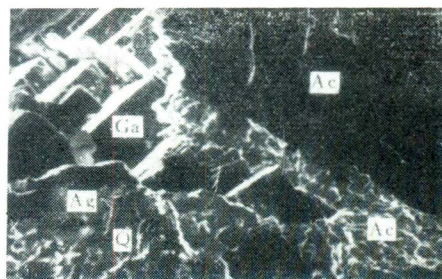
3. 被膜状螺状硫银矿附生在方铅矿表面
扫描电镜, ×260



4. 螺状硫银矿呈胶状沉淀的隐晶质集合体
扫描电镜, ×1200



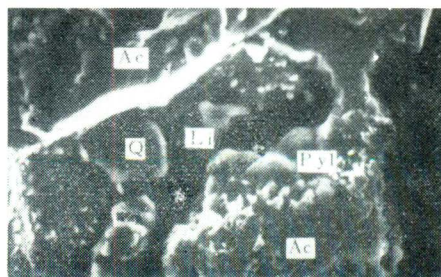
5. 球状螺状硫银矿 (Ac), 其核部为白铅矿
化方铅矿 (Ta)
扫描电镜, ×120



6. 螺状硫银矿 (Ac) 充填于方铅矿 (Ga)
裂隙, 有自然银 (Ag) 和石英 (Q) 碎屑
扫描电镜, ×400



7. 螺状硫银矿附生在 仍保留方铅矿解理的
白铅矿表面
扫描电镜, ×600



8. 褐铁矿 (Li) 软锰矿 (Pyl) 和石英 (Q)
与螺状硫银矿 (Ac) 共生
扫描电镜, ×700