

约硫砷铅矿在中国的首次发现及其矿物学特征

束正祥, 李 帅, 谷湘平

(中南大学 地球科学与信息物理学院, 湖南 长沙 410083)

摘 要: 约硫砷铅矿是一种较为罕见的硫盐矿物, 本文在广西壮族自治区武宣县盘龙铅锌矿区首次发现约硫砷铅矿, 主要呈不规则粒状分布于黄铁矿中, 与黄铁矿、方铅矿、闪锌矿和重晶石相伴生。在反光显微镜下, 约硫砷铅矿双反射明显, 白光下的反射率为 $R_1 = 38.6\%$, $R_2 = 41.8\%$, 反射色为白色略带蓝色色调, 具微弱的反射多色性, 强非均质性。利用电子探针确定其经验化学式为 $\text{Pb}_{14.05}(\text{As}_{2.66}, \text{Sb}_{3.23})_{5.89}\text{S}_{22.99}$ 。采用 X 射线衍射技术获得了约硫砷铅矿的晶胞参数: $a = 8.91(2) \text{ \AA}$, $b = 31.96(6) \text{ \AA}$, $c = 8.47(2) \text{ \AA}$, $\beta = 117.77^\circ$, $V = 2135.49 \text{ \AA}^3$, 空间群为 $P2_1/m$, $Z = 2$ 。通过 XRD、EPMA 等现代岩矿测试分析技术, 结合前人对盘龙铅锌矿成矿时代研究的相关资料, 还对约硫砷铅矿的成因进行了初步探讨。

关键词: 约硫砷铅矿; 盘龙铅锌矿床; 反射率; X 射线衍射; 硫盐矿物

中图分类号: P575; P578.2;

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2018)05-0853-07

First discovery of jordanite in China and its mineralogical features

SHU Zheng-xiang, LI Shuai and GU Xiang-ping

(School of Geosciences and Info-Physics, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Jordanite is a rare sulfosalt mineral. This paper reports the first discovery of jordanite in the Panlong lead-zinc deposit, Wuxuan County, Guangxi. The jordanite is associated with pyrite, galena, sphalerite and barite appearing as irregular granular grains in pyrite. The optical characteristics in reflective microscope of jordanite are as follows: double reflection is clear, two reflectivities under white light of jordanite are equal to 38.6% and 41.8% respectively; the reflection color is pure white with a little blue tint; reflection pleochroism is weak; heterogeneity is strong. The empirical formula which is determined by the method of EPMA of jordanite is $\text{Pb}_{14.05}(\text{As}_{2.66}, \text{Sb}_{3.23})_{5.89}\text{S}_{22.99}$. The cell parameters are inferred by X-ray diffraction techniques. The results are listed as follows: $a = 8.91(2) \text{ \AA}$, $b = 31.96(6) \text{ \AA}$, $c = 8.47(2) \text{ \AA}$, $\beta = 117.77^\circ$, $V = 2135.49 \text{ \AA}^3$, $Z = 2$, and the space group is $P2_1/m$. With the use of XRD and EPMA in combination with previous research on the metallogenic epoch of the Panlong lead-zinc deposit, the authors also investigated the origin of the jordanite.

Key words: jordanite; Panlong lead-zinc deposit; reflectivity; X-ray diffraction; sulfosalt minerals

约硫砷铅矿(jordanite), 分子式 $\text{Pb}_{14}(\text{As}, \text{Sb})_6\text{S}_{23}$, (010), 贝壳状断口, 平均密度为 5.95 g/cm^3 , 摩氏硬度为 3, 条痕色为黑色。约硫砷铅矿主要产于热液矿床中, 也见产于喀斯特成因矿床。自在瑞士的 Binental 被发现后(Fisher, 1940), 国外对该矿物的研究极少有报道, 国内对该矿物的产地、产状、矿物学及

收稿日期: 2016-04-06; 接受日期: 2018-06-15

作者简介: 束正祥(1990-), 男, 汉族, 硕士研究生, 矿产普查与勘探专业, 从事矿物学研究方向, E-mail: 905114823@qq.com。

晶体结构研究也没有任何报道,只有部分学者对硫酸盐矿物的晶体结构特征以及电子探针定量分析进行了相关研究(吴大清,1986;陈克樵,1989)。本文首次在盘龙铅锌矿区发现了该矿物,利用电子探针以及X射线衍射测试方法对其进行了成分和结构方面的研究。

1 矿区位置及地质产状

广西盘龙铅锌矿区位于武宣县南东方向12 km的桐岭镇盘龙村-湾龙村一带,地理坐标为 $109^{\circ}41'30''\text{E}$, $23^{\circ}29'44''\text{N}$ 。该矿区位于华南板块中钦杭成矿带南段的大瑶山西侧,属于桂中坳陷带与大瑶山隆起的结合部位(李辰等,2013)。矿区出露地层有寒武系(ϵ)、泥盆系(D)及第四系(Q)(黄大放等,

2006),其中下泥盆统上伦白云岩地层(D_1sl)为矿区的赋矿地层(张善明等,2010),约硫砷铅矿也产于该地层中,具体采样位置见图1。矿区内断裂构造发育,寒武系还发育基底式褶皱(李楚平,2012)。矿区内目前尚未发现有岩浆活动的迹象(薛静等,2012a)。

该铅锌矿床中矿石矿物主要为闪锌矿、方铅矿,次为黄铁矿、约硫砷铅矿以及另一种较罕见的硫酸盐矿物——褐硫砷铅矿(Pring *et al.*, 1990; Pring and Graeser, 1994),脉石矿物主要为白云石、方解石、重晶石以及少量石英、萤石、绢云母和含碳质物质(杨斌等,2007)。约硫砷铅矿主要被黄铁矿所包裹,常见与方铅矿、闪锌矿和重晶石相伴生。矿区中约硫砷铅矿的含量较低且颗粒粒径细小,光学显微镜中,可以很清晰地看出约硫砷铅矿的几种主要产状

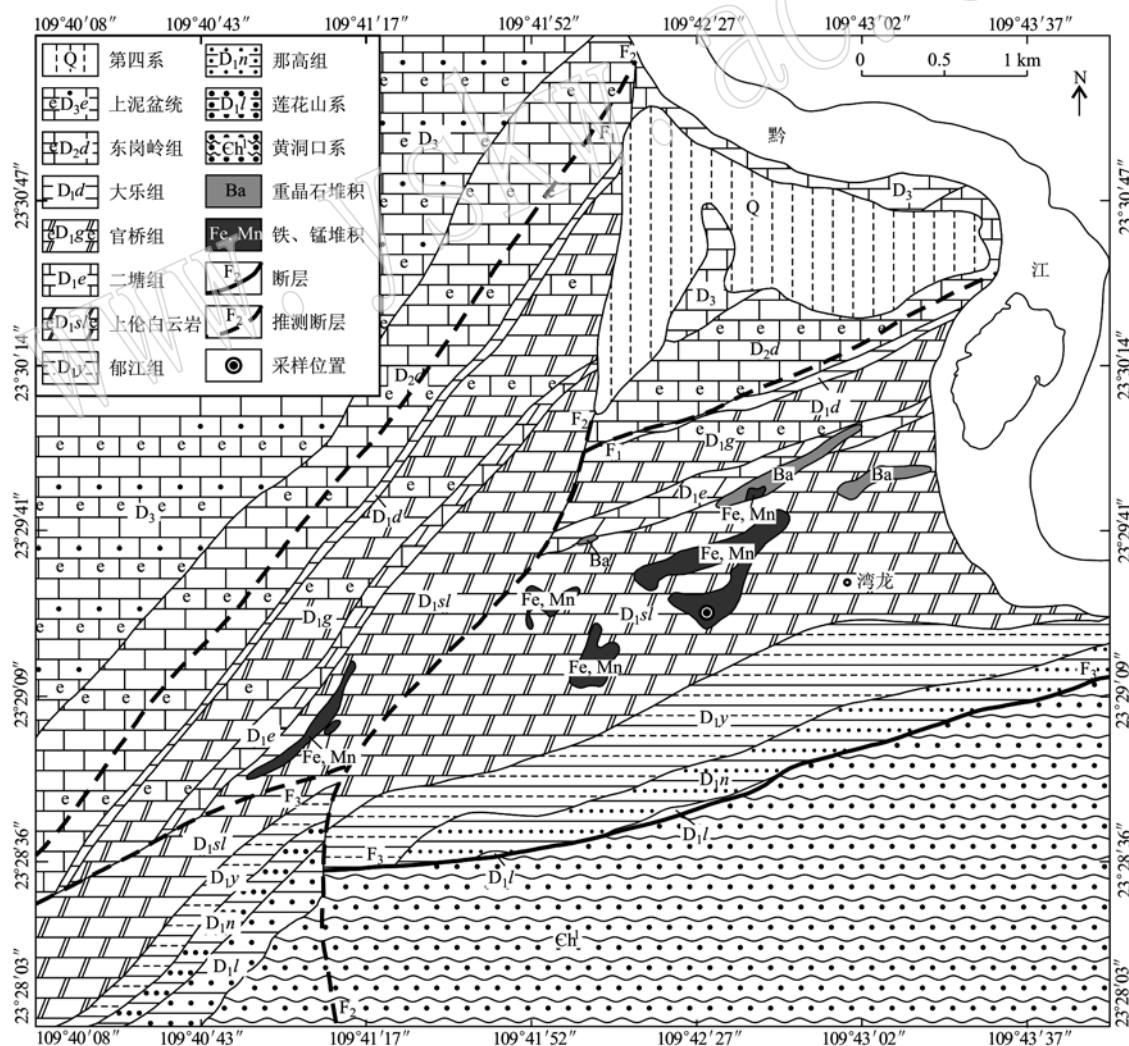


图1 盘龙铅锌矿区地质简图(李楚平,2012)

Fig. 1 Generalized geological map of the Panlong lead-zinc deposit (after Li Chuping, 2012)

(图2): ① 产出于黄铁矿中, 与闪锌矿和重晶石共生组合关系(图2d); ② 呈星点状分布产出于黄

铁矿中; ③ 充填于黄铁矿的细微节理裂隙中(图2b)。

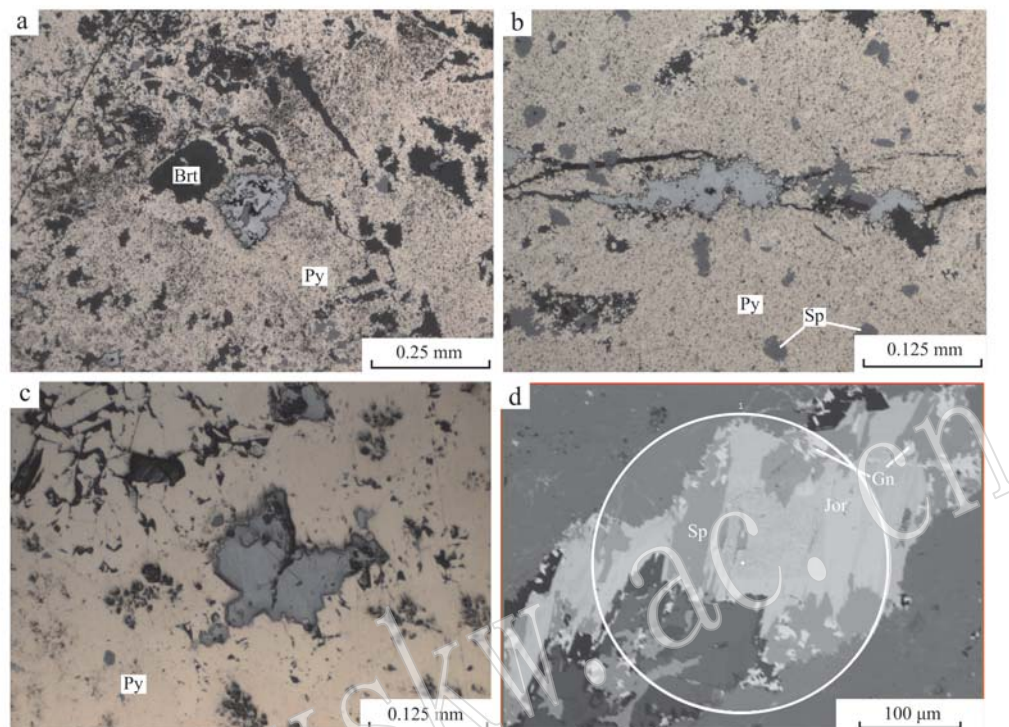


图2 约硫砷铅矿的单偏光显微照片(a~c)及背散射电子图像(d)

Fig. 2 Plainlight photomicrographs (a~c) and BSE image (d) of jordanite

a—约硫砷铅矿呈不规则粒状被包裹于黄铁矿中; b—约硫砷铅矿分布于黄铁矿裂隙中; c—约硫砷铅矿呈蝴蝶状被包裹于黄铁矿中;

d—约硫砷铅矿与方铅矿、闪锌矿以及重晶石共生; Jor—约硫砷铅矿; Py—黄铁矿; Sp—闪锌矿; Gn—方铅矿; Brt—重晶石

a—the jordanite appearing as irregular granular grains wrapped in the pyrite; b—the jordanite distributed in the pyrite fissures; c—the jordanite appearing as butterfly-shaped form in the pyrite; d—the jordanite associated with galena, sphalerite and barite; Jor—jordanite; Py—pyrite; Sp—sphalerite; Gn—galena; Brt—barite

2 约硫砷铅矿的物理化学特征

2.1 晶体形态及光性特征

该矿区约硫砷铅矿最常见的晶形是不规则它形粒状, 其主要形态包括椭圆状、蝴蝶状(图2c)以及细脉状。约硫砷铅矿的光性特征为: 反射色为纯白色, 略微带一点浅蓝色色调, 具微弱的反射多色性和较强的非均质性, 暗红色内反射色。

2.2 反射率

本文采用了一种测定矿物反射率的新方法——标样对比法(李洁兰等, 2008)测试了约硫砷铅矿的反射率, 该方法在原理上和简易比较法相类似, 都是将待测的矿物与已知反射率的矿物作比较, 最后得出待测矿物的反射率。相较于简易比较法来说, 标样对比法操作更简易且结果更精确。

具体操作步骤如下: 首先在 LEICA DM2500P 光

学显微镜中找到颗粒相对较大的约硫砷铅矿, 然后在正交镜下找到约硫砷铅矿全消光时的光性方位, 该方位对应约硫砷铅矿的一个反射率 R_1 , 然后将样品转过 90° , 此时的方位对应约硫砷铅矿的另一个反射率 R_2 。分别在这两个方位拍取清晰的显微照片, 接着在相同的条件下(包括光学显微镜的所有参数以及外界环境), 拍取 SiC 的清晰显微照片。获取照片之后, 采用图像处理软件(photoshop)对照片进行数据处理和分析, 主要研究显微照片在不同通道下的图像直方图, 并读出相应的灰阶数。利用公式 $R = T \cdot R_0 / T_0$ 计算约硫砷铅矿的反射率, 其中 R 为待测矿物的反射率, R_0 为相同条件下 SiC 的反射率, T 为待测矿物在不同的通道所对应的灰阶数, T_0 为 SiC 在不同的通道所对应的灰阶数。计算得出约硫砷铅矿的反射率列于表1中。从表1中可以看出约硫砷铅矿具有双反射率, 且在不同光波长通道中反射率存在差异, 普遍规律是随着光波长的减小, 约硫

砷铅矿的反射率不断增大。最后得到约硫砷铅矿在白光通道下的反射率 $R_1 = 38.6\%$, $R_2 = 41.8\%$ (该处的反射率均为平均值)。

表 1 约硫砷铅矿的反射率 %
Table 1 Reflectance of jordanite

测试位置	RGB(白光)	R(红光)	G(绿光)	B(蓝光)
B06a-01	37.7	33.9	38.5	40.3
B06a-02	40.9	36.9	41.4	43.8
B06b-01	39.2	34.9	39.6	41.2
B06b-02	42.5	38.6	43.1	45.4
B13a-01	38.8	34.4	38.9	40.7
B13a-02	42.0	37.9	42.5	44.9

2.3 化学成分

利用中南大学粉末冶金国家重点实验室 Jeol 8530F 场发射电子探针微区分析仪来研究约硫砷铅矿的原位化学成分。电子探针的工作电压为 15 kV, 工作电流为 10 nA, 电子束径 2 μm , 计数时间 10 s。具体方法见陈克樵(1989), 其背散射电子图像见图 2d, 具体测试结果见表 2。

表 2 约硫砷铅矿的电子探针成分分析 $w_B/\%$
Table 2 Composition of jordanite analyzed by electron microprobe

测点号	Pb	As	Sb	S	经验化学式
B06-01	67.89	4.04	10.84	17.23	$\text{Pb}_{14.02}(\text{As}_{2.30}, \text{Sb}_{3.79})_{6.09}\text{S}_{23.01}$
B06-02	69.17	5.09	8.27	17.47	$\text{Pb}_{14.16}(\text{As}_{2.88}, \text{Sb}_{2.87})_{5.75}\text{S}_{23.13}$
B06-03	68.91	5.01	8.65	17.43	$\text{Pb}_{13.99}(\text{As}_{2.81}, \text{Sb}_{2.98})_{5.79}\text{S}_{22.89}$
B06-04	68.57	4.67	9.43	17.33	$\text{Pb}_{14.03}(\text{As}_{2.64}, \text{Sb}_{3.28})_{5.92}\text{S}_{22.95}$
平均值	68.64	4.70	9.30	17.36	$\text{Pb}_{14.05}(\text{As}_{2.66}, \text{Sb}_{3.23})_{5.89}\text{S}_{22.99}$

从约硫砷铅矿的背散射电子图像中可以看出约硫砷铅矿中化学元素分布并不均匀。电子探针测试结果显示, As 和 Sb 的含量变化相对较大, 通过计算两者的相对原子含量可以发现, As 和 Sb 以类质同像的形式存在于约硫砷铅矿中。经过加权取平均值, 约硫砷铅矿中 Pb 的平均含量为 68.64%, As 的平均含量为 4.70%, Sb 的平均含量为 9.30%, S 的平均含量为 17.36%。结合各元素的相对百分含量及其相对原子质量可以得出约硫砷铅矿的经验化学式为 $\text{Pb}_{14.05}(\text{As}_{2.66}, \text{Sb}_{3.23})_{5.89}\text{S}_{22.99}$ 。

2.4 晶胞参数

研究矿物晶体结构最主要的方法就是 X 射线衍射法(吴大清, 1986), 本次实验是在中南大学地球科

学与信息物理学院 X 射线衍射实验室完成的。X 射线衍射仪为日本电子 Rigaku Rapid II R 微区衍射仪, 工作电压 40 kV, 工作电流 250 mA, X 射线准直管直径为 0.1 mm, 测试时间 360 min, X 射线由电子束轰击铜靶产生。

首先利用光学显微镜找到并圈出颗粒相对较大的约硫砷铅矿, 然后利用衍射仪对其进行原位分析, 最后运用相关软件对实验数据分析处理。最终测试获得的 X 射线衍射峰图如图 3 所示。将 X 射线衍射分析所得数据与国际衍射数据中心(ICDD)提供的矿物数据库标准卡片进行对比, 发现实验所得衍射数据与卡片 PDF21-0466 的衍射数据非常相似。两者的主要衍射数据列于表 3 中(表中未列出原始数据中黄铁矿的衍射峰)。由于结晶方位优势取向的关系, 导致约硫砷铅矿衍射峰之间的相对强度与标准卡片中衍射峰之间的相对强度存在一定差异。利用 Jade 软件计算出约硫砷铅矿的晶胞参数, 结果为: 单斜晶系, $a = 8.91(2) \text{ \AA}$, $b = 31.96(6) \text{ \AA}$, $c = 8.47(2) \text{ \AA}$, $\beta = 117.77^\circ$, $V = 2135.49 \text{ \AA}^3$, $Z = 2$, 空间群 $P2_1/m$ 。

3 讨论

通过对约硫砷铅矿中化学成分的研究可以知道, As 和 Sb 是以类质同像的形式存在于约硫砷铅矿中的。将样品 B06 和 Mineralogy Database(矿物学数据库)中约硫砷铅矿的晶体化学特征列于表 4 中, 比较两组数据可以很直观地发现, 两个不同地区产出的约硫砷铅矿的晶胞参数存在显著差异, 盘龙矿区产出的约硫砷铅矿晶胞参数稍大一些, 其原因就是盘龙矿区产出的约硫砷铅矿具有更高的 Sb 含量, 这就意味着有更多的 Sb 替换了晶格中的 As。根据 Sb 和 As 两种元素的化学属性可以知道, 两者属于不同周期同一主族的元素, Sb 元素具有更大的离子半径, 因此 Sb 含量较高的约硫砷铅矿具有较大的晶胞参数。

前人将盘龙铅锌矿床归类为中低温沉积-热卤水改造型铅锌矿床(罗永恩, 2009a; 薛静等, 2012b; 梁国宝等, 2015)。结合前人对矿物共生组合关系以及矿物生成顺序的研究(梁国宝等, 2003; 张科等, 2005), 可以得出: 约硫砷铅矿和方铅矿、闪锌矿是同一成矿期的不同成矿阶段形成的。因此, 约硫砷铅矿的成因与中低温热液作用关系密切, 形

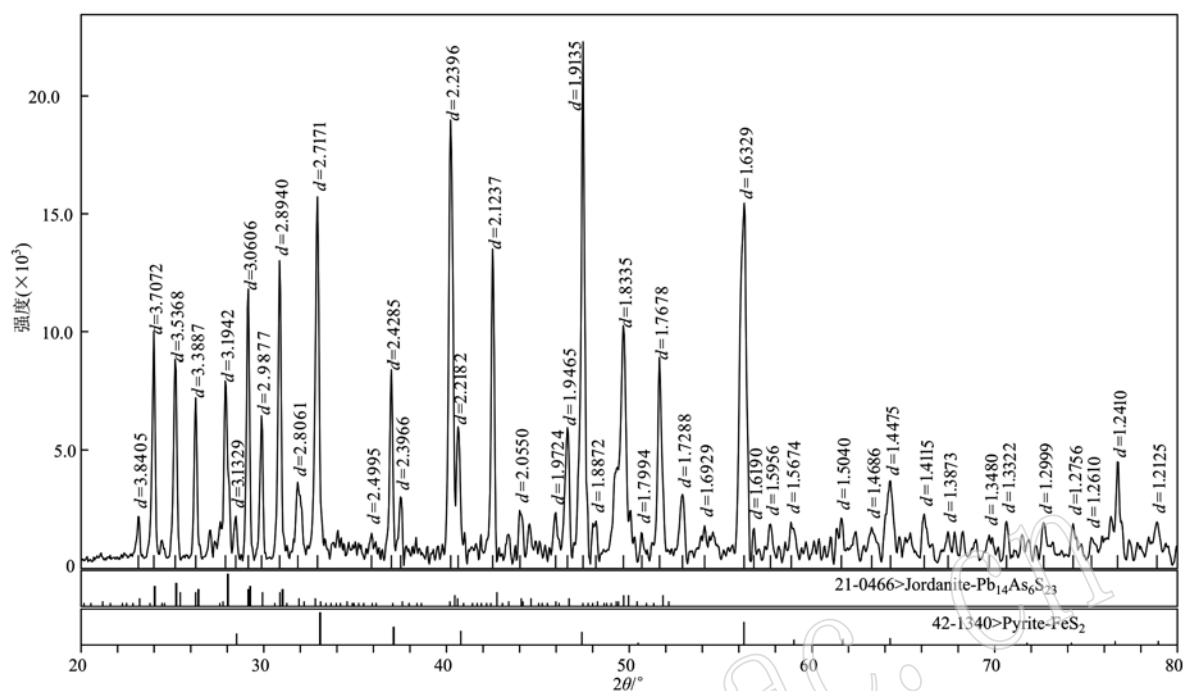


图3 约硫砷铅矿的X射线衍射谱图
Fig. 3 X-ray diffraction patterns of jordanite

表3 约硫砷铅矿X射线衍射数据与PDF卡片21-0466的比较

Table 3 Comparison of the X-ray diffraction data between jordanite and No. 21-0446 PDF card

hkl	PDF21-0466		约硫砷铅矿	
	d/nm	I/I ₀	d/nm	I/I ₀
220	0.384	8	0.383	17
230	0.371	45	0.370	52
032	0.354	39	0.353	63
232			0.350	36
042	0.339	32	0.339	38
242			0.337	47
271	0.319	34	0.318	100
062	0.306	52	0.306	52
262			0.305	63
270	0.299	28	0.298	43
072	0.289	58	0.289	44
272			0.288	55
132	0.281	14	0.280	23
142	0.272	70	0.273	23
111,2	0.240	12	0.239	13
363	0.224	87	0.224	14
392			0.223	43
412	0.222	26	0.222	29
390			0.211	60
462	0.206	8	0.205	31
393			0.203	31
2,14,0	0.197	7	0.197	16
482	0.195	23	0.194	33
2,10,2	0.183	46	0.183	52
1,10,3	0.177	40	0.176	54

表4 不同产地约硫砷铅矿的晶体化学特征

Table 4 Crystal chemistry characteristics of jordanite located at different places

产地	晶胞参数	化学成分
Binnental	$a = 8.87 \text{ \AA}$, $b = 31.65 \text{ \AA}$, $c = 8.30 \text{ \AA}$, $\beta = 118.10^\circ$, $V = 2055.45 \text{ \AA}^3$	Pb: 69.37%; As: 7.17%; Sb: 5.82%; S: 17.64%
盘龙	$a = 8.91 \text{ \AA}$, $b = 31.96 \text{ \AA}$, $c = 8.47 \text{ \AA}$, $\beta = 117.77^\circ$, $V = 2135.49 \text{ \AA}^3$	Pb: 68.64%; As: 4.70%; Sb: 9.30%; S: 17.36%

成条件与方铅矿和闪锌矿相类似。具体的成因解释如下:矿区上伦白云岩组地层(D_1sl)中沉积了S、As、Pb、Sb等元素,且相对比较富集,后期构造运动导致矿区地层出现断裂,随后含大量成矿元素的中低温热液沿着裂隙流动,并且热液中的成矿元素与地层中的化学元素发生置换作用,这种置换作用促使上伦白云岩组地层中的S、As、Pb、Sb元素变得更加富集,最后在较好的容矿构造中与方铅矿和闪锌矿(罗永恩, 2009b)一同结晶,形成约硫砷铅矿。约硫砷铅矿的形成条件:温度 $150 \sim 250^\circ\text{C}$ (中低温),热液的pH值为 $6.4 \sim 8.5$,热液的盐度(NaCl的质量分数)为 $8.2\% \sim 14.4\%$ 。

4 结论

(1) 在国内首次报道了盘龙铅锌矿区发现的约硫砷铅矿,它是矿区常见的硫盐矿物,常呈不规则粒状与闪锌矿、白云石以及褐硫砷铅矿等分布于黄铁矿中,其光性特征为:反射色为纯白色,略微带一点浅蓝色色调,具微弱的反射多色性,较强的非均质性,暗红色内反射色,双反射明显($R_1 = 38.6\%$, $R_2 = 41.8\%$, 白光下)。

(2) 约硫砷铅矿中各化学元素的平均含量为: Pb 68.64%, As 4.70%, Sb 9.30%, S 17.36%, 其经验化学式为 $\text{Pb}_{14.05}(\text{As}_{2.66}, \text{Sb}_{3.23})_{5.89}\text{S}_{22.99}$, 其晶胞参数为: 单斜晶系, $a = 8.91(2) \text{ \AA}$, $b = 31.96(6) \text{ \AA}$, $c = 8.47(2) \text{ \AA}$, $\beta = 117.77^\circ$, $V = 2135.49 \text{ \AA}^3$, $Z = 2$, 空间群, $P2_1/m$ 。

(3) As 和 Sb 以类质同像的形式存在于约硫砷铅矿中,并且随着 Sb 含量的增加,其晶胞参数也会相应增大。

(4) 约硫砷铅矿的成因与中低温热液作用关系密切,形成条件与方铅矿和闪锌矿相类似。具体形成条件: 温度 $150 \sim 250^\circ\text{C}$ (中低温), 热液的 pH 值为 $6.4 \sim 8.5$, 热液的盐度 (NaCl 的质量分数) 为 $8.2\% \sim 14.4\%$ 。

致谢 野外工作得到了湖南天工矿业公司赵建荣、李青平的指导和帮助, 电子探针实验得到了中南大学粉末冶金学院周涛老师的帮助, 谨此致谢。

References

- Chen Keqiao. 1989. A study on electron microprobe quantitative analytical method for sulfide and sulfosalt minerals[J]. Bulletin of The Institute of Mineral Deposits Chinese Academy of Geological Sciences, 22(1): 167 ~ 180(in Chinese with English abstract).
- Fisher D J. 1940. Discussion of the formula of jordanite[J]. American Mineralogist, 25(1): 297 ~ 298.
- Huang Dafang and Huang Qingwu. 2006. The geological characteristics of Panlong lead-zinc deposit in Wuxuan County, Guangxi[A]. South China Youth Geoscience Symposium[C]. 43 ~ 46(in Chinese).
- Li Chen, Zeng Nanshi and Fang Ke. 2013. The geological characteristics and genesis of lead-zinc mine in the southwest side of Dayaoshan [J]. Acta Mineralogica Sinica, 3(S2): 158 ~ 159(in Chinese).
- Li Chuping. 2012. Findings of the deep Pb-Zn ore and its geological significance in Panlong lead-zinc mine[J]. China Mining Magazine, 21(1): 57 ~ 61(in Chinese with English abstract).
- Li Jielan, Liu Wenheng and Gu Xiangping. 2008. Use of digital microscope images explore the quantitative estimation of mineral reflectivity and color index[J]. Hunan Mineral Rock Geochemistry, 158 ~ 160(in Chinese).
- Liang Guobao, Hu Ming'an and Yang Zhen. 2015. Geochemical characteristics and genesis in Pengcun-Panlong Pb-Zn deposit of Guangxi [J]. Journal of Guilin University of Technology, 35(3): 437 ~ 444 (in Chinese with English abstract).
- Liang Guobao and Liao Kaili. 2003. The geological features and prospecting direction of Panlong lead-zinc mine in Wuxuan county, Guangxi[J]. Land and Resources of Southern China, (2): 26 ~ 29 (in Chinese).
- Liang Shuyi and Xia Hongyuan. 1989. Silver and sulfosalt minerals in Tungsten deposits, South China[J]. Chinese Journal of Geochemistry, 8(2): 135 ~ 145.
- Luo Yong'en. 2009a. Genesis and metallogenic model of the Panlong lead-zinc Deposit[J]. Nonferrous Metals (Mining Section), 61(3): 32 ~ 35(in Chinese with English abstract).
- Luo Yong'en. 2009b. Analysis on the geological characteristics and ore-controlling factors of the Panlong lead-zinc deposit in Guangxi region [J]. Geology and Resources, 18(3): 183 ~ 188(in Chinese with English abstract).
- Mořlo Y, Makovicky E, Mozgova N N, et al. 2008. Sulfosalt systematics: A review. Report of the sulfosalt sub-committee of the IMA Commission on Ore Mineralogy[J]. European Journal of Mineralogy, 20(1): 7 ~ 46.
- Pring A, Birch W D, Sewell D, et al. 1990. Baumhauerite-2a: A silver-bearing mineral with a baumhauerite-like supercell from Lenggenbach, Switzerland[J]. American Mineralogist, 7(5): 915 ~ 922.
- Pring A and Graeser S. 1994. Polytypism in baumhauerite[J]. American Mineralogist, 79(3 ~ 4): 302 ~ 307.
- Wu Daqing. 1986. The crystal structure characteristics of sulfosalt mineral [J]. Geology-Geochemistry, (8): 28 ~ 34(in Chinese).
- Xue Jing, Dai Tagen, Fu Songwu, et al. 2012a. SEDEX origin of the Panlong lead-zinc deposit, Wuxuan, Guangxi: REE and S isotope evidences[J]. Geotectonica et Metallogenia, 35(3): 394 ~ 403(in Chinese with English abstract).
- Xue Jing, Dai Tagen and Fu songwu. 2012b. Metallogenic geochemistry characteristics of Panlong lead-zinc deposit in Wuxuan County, Guangxi Province[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 22(2): 533 ~ 545(in Chinese with English abstract).
- Yang Bin, Peng Shenglin, Li Shuiru, et al. 2007. Metallogenic series and

- metallogenic belt of nonferrous metals in Guangxi[J]. Mineral Resources and Geology, 21(1): 8~11(in Chinese with English abstract).
- Zhang Ke, Hu Ming'an and Cao Xinzhi. 2005. Geological characteristics of Pb-Zn ore district in the west of Dayaoshan of Guangxi Province and the ore prospect directions[J]. Geology and Mineral Resources Research, 20(1): 21~25(in Chinese with English abstract).
- Zhang Shanming, Lü Xinbiao, Tang Xiaochun, *et al.* 2010. Comprehensive analysis of geological anomalies and mineralization conditions in the western Dayaoshan mountains, Guangxi Province[J]. Geology and Exploration, 46(2): 314~322(in Chinese with English abstract).
- ### 附中文参考文献
- 陈克樵. 1989. 硫化物和硫盐矿物的电子探针定量分析方法研究[J]. 中国地质科学院矿床地质研究所所刊, 22(1): 167~180.
- 黄大放, 黄庆武. 2006. 广西武宣县盘龙铅锌矿床地质特征[A]. 华南青年地学学术研讨会论文集[C]. 华南青年地学学术研讨会, 43~46.
- 李辰, 曾南石, 方科. 2013. 大瑶山西南侧铅锌矿床地质特征及其成因探讨[J]. 矿物学报, 3(S2): 158~159.
- 李楚平. 2012. 盘龙铅锌矿深部找矿成果及其地质意义[J]. 中国矿业, 21(1): 57~61.
- 李洁兰, 刘文恒, 谷湘平. 2008. 利用显微数码图像定量估测矿物反射率及颜色指数的探讨[J]. 湖南矿物岩石地球化学论丛, 158~160.
- 梁国宝, 胡明安, 杨振. 2015. 广西朋村-盘龙铅锌矿地球化学特征及矿床成因[J]. 桂林理工大学学报, 35(3): 437~444.
- 梁国宝, 廖开立. 2003. 广西武宣县盘龙铅锌矿地质特征及找矿方向[J]. 南方国土资源, 2: 26~29.
- 罗永恩. 2009a. 盘龙铅锌矿床成因及成矿模式[J]. 有色金属, 61(3): 32~35.
- 罗永恩. 2009b. 广西武宣县盘龙铅锌矿床地质特征及控矿因素分析[J]. 地质与资源, 18(3): 183~188.
- 吴大清. 1986. 硫盐类矿物的晶体结构特征[J]. 地质地球化学, 8: 28~34.
- 薛静, 戴塔根, 付松武, 等. 2012a. 广西武宣盘龙铅锌矿喷流沉积成矿作用: 稀土元素和硫同位素证据[J]. 大地构造与成矿学, 35(3): 394~403.
- 薛静, 戴塔根, 付松武. 2012b. 广西武宣县盘龙铅锌矿床成矿地球化学特征[J]. 中国有色金属学报, 22(2): 533~545.
- 杨斌, 彭省临, 李水如, 等. 2007. 广西有色金属成矿系列与成矿区带[J]. 矿产与地质, 21(1): 8~11.
- 张科, 胡明安, 曹新志, 等. 2005. 广西大瑶山及其西侧铅锌成矿区地质特征及找矿方向[J]. 地质找矿论丛, 20(1): 21~25.
- 张善明, 吕新彪, 唐小春, 等. 2010. 广西大瑶山西侧综合地质异常与控矿分析[J]. 地质与勘探, 46(2): 314~322.