

岩相古地理文集



地质出版社

4

岩相古地理文集

4

《岩相古地理文集》编辑部

地质出版社

《岩相古地理文集》编委会

名誉主编：业治铮 王鸿祯 关士聪

主 编：刘宝珺 曾允孚

副主编：张思挥 余鸿彰 王福庆 路兆治 章人骏 张瑞锡 唐静轩 王宜生

编 委：（以姓氏笔画为序）

马丽芳 王东坡 王章俊 丘东洲 艾惠珍 宋天锐 余光明 余素玉
吴应林 李文汉 李汉瑜 李思田 李树誉 陈文一 张家祚 张锦泉
扬子赓 杨邦昕 杨昌贵 罗益清 周怀玲 孟祥化 林文球 袁润广
奚瑾秋 夏宗实 曾学思 简人初 廖士范

the editorial board for collected papers of lithofacies and
paleogeography

Honorary editors

-in-chief

Ye Zhizheng Wang Hongzhen Guan Shicong

Editors-in-chief

Liu Baojun Zeng Yunfu

Vice-editors-in-

Zhang Sihui Yu Hongzhang Wang Fuqing Lu Zhao-

chief

qia Zhang Renjun Zhang Ruixi Tang Jingxuan

Wang Yisheng

Editors

Ma Lifang Wang dongpo Wang Zhangjun Qiu Dong-

zhou Ai Huizhen Song Tianrui Yu Guangming

Yu Suyu Wu Yinglin Li Wenhan Li Hanyu Li Sitian

Li Shuyu Chen Wenyi Zhang Jiazuo Zhang Jinquan

Yang Zigeng Yang Bangxin Yang Changgui Luo

Yiqing Zhou Huailing Meng Xianghua Lin Wenqiu

Yuan Runguang Xi Jinqiu Xia Zongshi Zeng Xuesi

Jian Renchu Liao Shifan

岩相古地理文集

4

《岩相古地理文集》编辑部

责任编辑：王章俊 李文汉

地质出版社出版发行

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092¹/₁₆印张：8³/₄字数：207,000
1988年1月北京第一版·1988年1月北京第一次印刷
印数：1—2,015册 国内定价：2.40元

ISBN 7-116-00169-7/P·153

目 录

锡矿山锑矿地质特征及成因探讨.....	庄锦良 (1)
四川马边磷块岩矿床矿物学及沉积相古地理研究.....	刘怀仁、曹学铎 (13)
中国铝土矿床类型及主要铝土矿床地质特征、成因及其沉积模式	廖士范、梁同荣、张月恒 (29)
满银沟式铁矿含矿层的沉积岩相与环境分析.....	罗建宁 (43)
攀西会理群裂隙盆地沉积特征及其古地理.....	文琼英、杨天奇、李桂林、焦凤臣 (58)
江西省北部前震旦系浊积岩研究.....	马长信 (80)
湘西南早一中泥盆世碎屑岩地层遗迹化石与沉积环境的关系.....	龚一鸣 (98)
四川盆地中下三叠统成盐古地理景观、成盐机理及钾盐预测	朱洪发、刘翠章、林传律 (117)
四川阿坝地区浊流沉积的初步认识.....	邓康龄、李国建 (129)

CONTENTS

- A Preliminary Study on Geological Characteristics and Genesis of Xikuangshan Antimony Deposits, Hunan.....*Zhuang Jinliang* (11)
- Studies of Mineralogy, Sedimentary Facies and Paleogeography of Ma-bian Phosphorite Deposit, Sichuan.....*Liu Huairan* and *Cao Xueduo* (27)
- Types, Characteristics, Origins and Sedimentary Models of the Bauxite Deposits in China.....*Liao Shifan*, *Liang Tongrong* and *Zhang Yueheng* (41)
- The Analyses of Sedimentary Facies and Environments of Ferriferous Beds in Manyingou-Type Iron Deposits.....*Luo Jianning* (56)
- Sedimentary Features and Paleogeography of the Rift Basin in Huili Group, Panxi.....*Wen Qiongying*, *Yang Tianqi*, *Li Guilin* and *Jiao Fengchen* (78)
- Study of the Presinian Turbidite from Northern Jiangxi
..... *Ma Changxin* (96)
- Trace Fossils of Early-Middle Devonian Clastic Formations in South western Hunan and Their Relation to Sedimentary Environments
..... *Gong Yiming* (116)
- Salificational Paleogeography, Mechanism of Salts and Prediction for Sylvite Deposits of Middle-Lower Triassic in Sichuan Basin
.....*Zhu Hongfa*, *Liu Cui Zhang* and *Lin Chuangli* (127)
- A Preliminary discussion of Turbidity Current Deposits in Aba Region, Sichuan.....*Deng Kangling* and *Li Guojian* (138)

锡矿山锑矿地质特征及成因探讨

庄锦良

(湖南省地质研究所)

湖南新化锡矿山锑矿是世界上最大的锑矿床之一。矿田面积10多 km^2 ，由四个规模不一的矿床构成。

半个多世纪以来，对于一个规模如此巨大的锑矿床的成因，有过多种不同的假说，但以岩浆热液成矿论居多。本文旨在从该区若干地质特征出发，结合笔者近年来观察研究结果，从另一个侧面来探讨与锑矿成因有关的一些问题。

一、地质背景

锡矿山位于祁阳弧形构造北翼涟源印支褶皱带中。南部为白马山—龙山东西向构造隆起带，北和北西侧为雪峰山边缘加里东褶皱带（图1）。

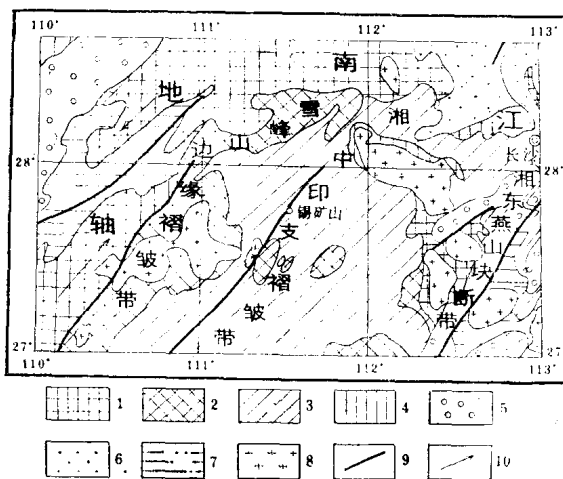


图1 湘中区域构造略图

(据黄汲清)

Fig. 1 Sketch map of Central Hunan regional structure

1—扬子褶皱；2—加里东褶皱；3—印支褶皱；4—燕山褶皱；5—喜马拉雅山断裂陷及褶皱；
6—洞庭拗陷；7—辰溪—黔阳鞍部沉积带；8—花岗岩体；9—大断裂；10—地背斜倾没部分

区域内出露的地层，在边缘地带分布有：震旦系下统，为厚达数千千米的一套陆源粗碎屑和磨拉石建造；上统为广海相页岩、硅质岩或碳酸盐岩建造，厚几十至几百米。下古生界的台地边缘藻礁碳酸盐相、台地斜坡生物礁相、浅、海陆棚相以及远海的笔石页岩相等各种沉积岩层。在所谓的涟源盆地中，仅出露自中泥盆统至下三叠统一套厚达数千千米的滨海陆源碎屑岩建造、台地碳酸盐岩建造和泻湖沼泽相含煤建造地层。

在矿田及其周围近 200km² 范围内，除见有个别中基性岩脉外，没有较大规模岩浆活动的迹象。

二、主要地质特征

(一) 构造型式

矿田主要构造型式为一北北东向的地垒式穹状背斜，其上表层褶皱派生出一系列走向 N18°—20°E 的次级褶曲和断层 (图2)。

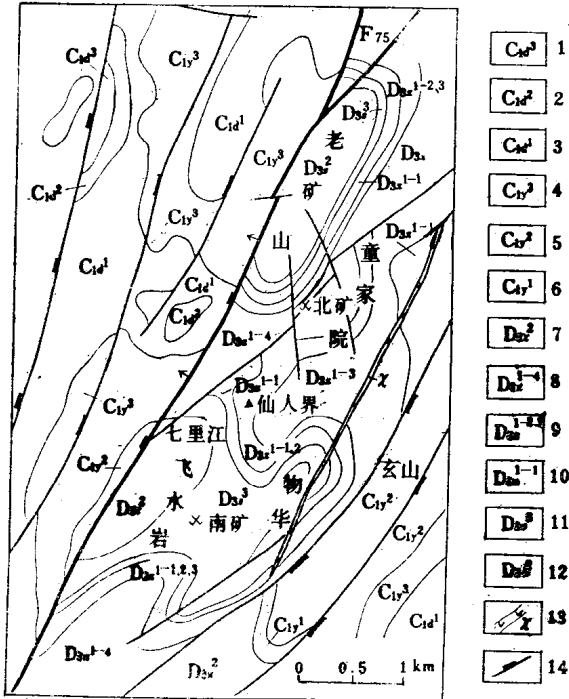


图 2 锡矿山锑矿田地质图
(据锡矿山矿务局资料修编)
Fig. 2 Geological map of Xikuangshan antimony ore field

- | | | |
|-----------------|--------|--------|
| 1—样门桥段 | } 大塘阶 | } 下石炭统 |
| 2—测水段 | | |
| 3—石碓子段 | | |
| 4—刘家塘段 | | |
| 5—孟子劫段 | } 关段 | } 锡矿山组 |
| 6—邵东段 | | |
| 7—锡矿山组砂岩段 | } 上泥盆统 | |
| 8—马牯脑灰岩 | | |
| 9—兔子塘灰岩—泥塘里含铁灰岩 | | |
| 10—长龙界页岩 | | |
| 11—老江冲泥灰岩页岩段 | } 余田桥组 | |
| 12—七里江灰岩段 | | |
| 13—煌斑岩脉 | | |
| 14—断裂 | | |

矿田西部F₇₅为一区域性大断层，走向N25°E，倾向NW，倾角40—60°，上陡下缓，断距各处不一，在锡矿山一带最大落差达 900 多米，东部玄山断层落差虽较小，却是一倾向SE的正断层。从而造成锡矿山地垒式穹状背斜升起于涟源盆地之中。

(二) 含矿层位

上泥盆统余田桥组是本区锑矿主要产出层位。根据大量珊瑚、腕足及其它门类古生物组合和岩性特征，余田桥组自上而下分为三段 (王根贤等1986)：

1. 老江中泥灰岩、页岩段 (D₃s³)：厚57m，为灰岩夹页岩。盛产 *Pseudozaphrentis*, *Sinodisphyllum*, *Hunanphrentis*, *disphyllum*, *peneckiella*, *Donia*, *Atrypa*, *Cyrtospirifer*, *Tenticospirifer*。

2. 七里江灰岩段 (D₂s²)：厚约 92m，为灰岩、白云质灰岩，夹多层黑色粉砂质泥岩和钙质沙岩。除产有上段所列化石外，还产有：*Hexagonaria*, *Desquammatia Shetienchiaensis*, *Amphipora* sp。

3. 龙口冲砂岩段 (D₂s²)：地表未出露，据坑道中实测，厚 45m，为灰黑色，薄至中厚层状泥质、钙质石英粉砂岩，砂质页岩夹石英砂岩。产珊瑚化石：*Sinodisphyllum* cf. *si-*

mplex, *Donia* cf. *sinensis*, *Pseudozaphrentis*, 腕足 *Spinatrypina* cf. *lungkouchungensis*, *Desquamatia* sp.

规模巨大的辉锑矿床大部分产于七里江灰岩段中。

(三) 矿体产出形状

矿田内辉锑矿工业矿体产出形态从层状、似层状为主，兼有条带状、侧羽状和管状。总的变化趋势自西部断层向东由复杂趋于简单。全区规模最大的二个层状、似层状矿体产于上述七里江灰岩段上部。其中 I 矿层（包括矿山所称的1—6小层中的矿体）紧邻老江冲

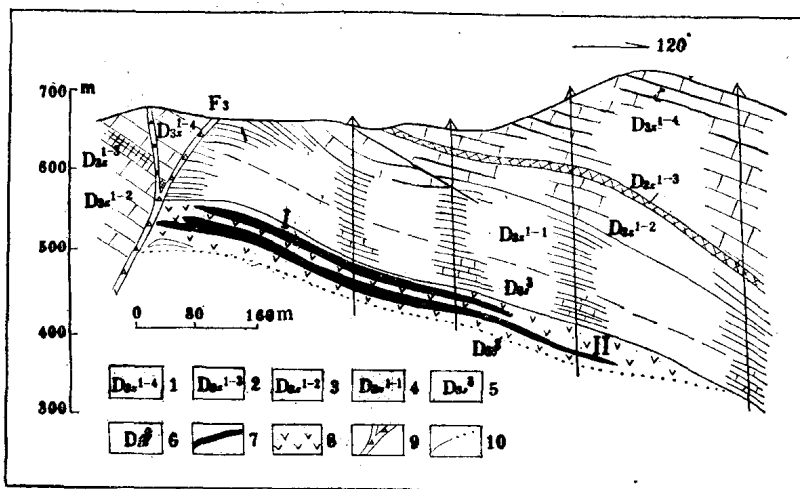


图3 锡矿山锑矿层状、似层状矿体产出层位剖面图(18线)

(据锡矿山矿务局资料绘制)

Fig. 3 Sectional drawing (line 18) of the occurrence horizons of stratiform and stratoid antimony orebodies in the Xikuangshan

1—马牯脑灰岩；2—泥塘里铁矿层；3—兔子塘灰岩；4—长龙界页岩；5—老江冲泥灰岩、页岩段；6—七里江灰岩段；7—层状、似层状辉锑矿；8—硅化岩；9—断裂带；10—地质体界线

段页岩底板，产于硅化含砂屑灰岩层中。矿体顶底界面受层位控制，故产状与地层基本一致(图3)。矿体形态规则，规模大，沿轴向延伸数百米至一千多米，厚度稳定，平均厚2.5m，品位高，变化小。II矿层主要产于强硅化砂屑灰岩夹扁豆状钙质砂岩层中(即矿山所称的第7小层中矿体)。矿体顶、底板均以泥岩层为界，呈似层状或大透镜体状(图4)。品位高，但厚度变化大，最厚达25m，薄者1—3m，平均4—5m，沿轴向延伸数百米至一千多米。总体产状亦与地层近于一致，层位稳定，各矿床均可对比。据估算I、III二矿层锑的储量约占全区的80%左右。

此外，产于飞水岩西部断裂带(F₇₅)下盘附近硅化钙质层中的所谓侧羽状、条带状矿体，形态虽然变化大，但单个小矿体仍是沿硅化灰岩形成小的似层状体，在平面上仍位于相当的层序上(图5)。

矿体中矿物组合简单，辉锑矿是唯一的原生矿石矿物，晶形多为自形、半自形，经电子探针分析：Sb71.21%，S28.19%，Ca0.1%，Al>0ppm，Ti3ppm，Mg70ppm，W5ppm，Fe5ppm，Cu>ppm，Ag0.1ppm，此外，偶有少量黄铁矿伴生。锑的氧化物有：红锑矿，锑华，黄锑华，锑赭石等。脉石矿物以石英为主，重晶石、萤石、石膏等少有。按组合可分为四种矿石类型，即：石英-辉锑矿矿石；方解石-石英-辉锑矿矿石；重晶石-

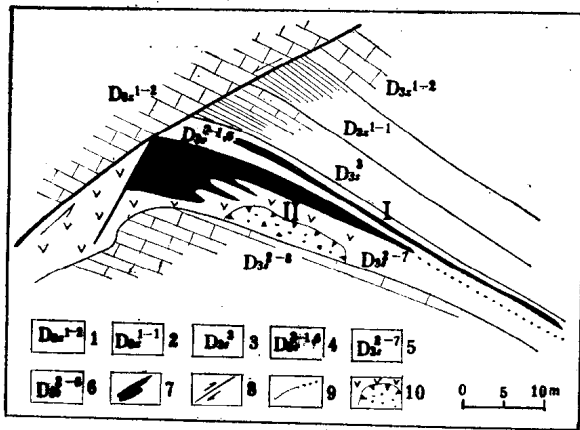


图4 童家院矿床层状、似层状矿体产出层位形态剖面图(74线)

(据王伯勋资料改编)

Fig. 4 Sectional drawing (line 74) of occurrence horizons of stratiform and stratoid orebodies in the Tongjiayuan ore deposit

1—兔孑塘灰岩; 2—长龙界页岩; 3—老江冲泥灰岩、页岩段; 4—七里江灰岩段第1—6层; 5—七里江灰岩段第7层; 6—七里江灰岩段第8层; 7—层状似层状矿体; 8—断层; 9—地层界线; 10—岩溶洞穴及硅化岩

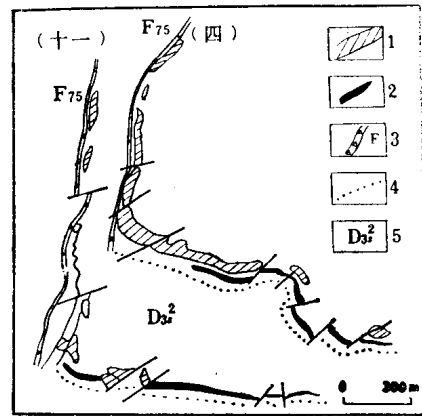


图5 飞水岩矿床四、十一中段矿体平面分布图

(据锡矿山向贻远资料)

Fig. 5 Distribution of orebodies in level 4 and level 11 of the Feishuiyan ore deposit

1—一条带状、侧羽状、似层状矿体; 2—层状矿体; 3—西部断裂; 4—地层界线; 5—七里江灰岩段

石英-辉锑矿矿石; 萤石-石英-辉锑矿矿石^①。以前者分布最广, 是各矿床的主要矿石类型。

(四) 围岩蚀变

硅化是本区最重要而又最广泛的围岩蚀变, 与锑矿化关系密切, 所有具工业意义的辉锑矿都产于硅化岩中。其它如碳酸盐化、重晶石化、萤石化仅局部出现。根据蚀变岩产出性状及与矿化的关系, 可把硅化作用分为早、晚二期。

早期硅化具面型分布特征, 在矿田范围内, 无论是近矿围岩抑或各矿床之间的空白地带, 凡七里江灰岩分布地段均普遍出现强弱程度不等的硅化蚀变。镜下观察到强硅化岩石由90%以上的他形粒状石英构成镶嵌结构, 在微粒石英中隐约可见及残留的碳酸盐质点呈星散状分布。交代石英通常有二种不同粒径, 分别为0.01—0.02mm和0.1—0.2mm。二者间互叠置成微层。其间尚可见到原岩被交代后排出的碳质呈缟状, 反映此期硅化交代经历一个较长时期和反复作用的过程。

晚期硅化是在早期形成的坚硬易碎、具有更大孔隙率硅化岩石基础上, 经再次碎裂或溶蚀产生的不定向裂隙或溶缝, 被其中渗流的硅酸盐溶液沉淀形成的, 该期硅化以梳状石英薄壳、梳状石英脉和规模不等的石英晶洞为特征。由于碎裂构造和溶液渗流的间歇性活动, 所生成的各种脉体还可有不同阶段之分。

(五) 稳定同位素组成

1. 硫同位素组成

^① 刘煥品等, 1983, 湖南新化锡矿山锑矿田地质特征及成矿规律。

表1 各矿床辉锑矿硫同位素组成
Table 1 Isotopic components of the Sulphurs in antimonites of various ore deposits

矿床	时期	早期 (样数)	晚期 (样数)
飞水岩		+7.3 (74)	+6.95 (29)
老矿山		+6.10 (42)	+8.02 (2)
童家院		+7.71 (35)	+8.79 (3)
物华		+7.99 (45)	+7.48 (7)
平均		+7.30 (196)	+7.23 (41)

据我所锑矿组1983资料

表2 锡矿山锑矿共生石英氧同位素组成
Table 2 Isotopic components of the oxygens in paragenetic quartzs of antimonial ores of Xikuangshan

成矿期	样品号	样品位置	岩性、产状	矿物名称	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}\text{‰}$ (SMOW)①	均化温度 ($^{\circ}\text{C}$)②	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}\text{‰}$ ③
原生 硅化	早期	童家院 三中段	151采	交代石英岩	微粒状	(275)	+5.44
			80穿		石英		+4.04
		380D _{3s} ²⁻⁵⁻¹	80穿	裂隙脉	柱状	275	+3.64
		9167D _{3s} ¹	飞水岩 九中段	167穿	石英		+8.34
		991D _{3s} ²⁻¹⁶⁻¹	91穿	层间脉			+4.84
	晚期	童家院 三中段	159采	晶洞充填	锥状	167.5	+2.79
			151采		石英		+1.99
		飞水岩 一中段沿脉			石英	(167.5)	+1.01
			948D _{3s} ²⁻⁷⁻³		九中段48穿		锥状石英
		物华地表民窿			梳状	(200)	+1.99
次生 硅化	27采	飞水岩七中段2采	晶洞辉锑矿表面	石英	(150)	-1.09	
	254-4-1	童家院 三中段	80穿	疏松状		+0.21	
	254-4-2			氧化矿体		石英	-1.69
	256-2	25穿	晶洞中假钟	柱状		-1.59	
	256-1		乳状石英	石英		-5.49	
	251-1	物华地表民窿	交代石英脉	微粒状石英		+7.1	-8.39

① 据我所锑矿组1983湖南锡矿山锑矿田地质特征及成矿规律数据由我所测试室测定

② 括号内数据系推算温度

③ 据 Clayton(1972)方程式 $10^3 \ln \alpha_{\text{石英-水}} = +3.38 \times 10^6 T^{-2} - 3.40$ 换算的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}\text{‰}$ 值

经对矿田内260个辉锑矿, 4个重晶石, 4个黄铁矿测定结果统计, 各矿床中辉锑矿硫同位素 ($\delta^{34}\text{S}\%$) 组成域值为 -1.96 — $+16.8$, 极差为 18.79 。黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}\%$ 域值为 $+8.27$ — $+33.46$, 极差 32.04 , 石膏 $\delta^{34}\text{S}\%$ 域值 $+2.39$ — $+11.09$, 极差 8.7 , 与辉锑矿的硫同位素组成相似。综合上列硫化物及硫酸盐矿物, 它们的 $\delta^{34}\text{S}\%$ 域值变化范围在 -1.96 — $+48.93$ 之间, 趋向离散。然而, 如仅以辉锑矿值论, 则 90% 以上的 $\delta^{34}\text{S}\%$ 域值集中在 $+5.5$ — $+9$ 之间。各矿床或同一矿床早、晚成矿期之间硫同位素组成(表1)虽略有差异, 但没有超出平均域值, 特点是偏离零点, 明显呈塔式正态分布十分。与渗流热卤水矿床中硫同位素组成分布特点是极为一致的(姜齐节1980)。据以上数值特征推论, 成矿热液中硫

表3 锡矿山锑矿方解石的碳氧同位素组成

Table 3 Isotopic components of the carbons and oxygens in calcites of antimonial ores of Xikuangshan

成矿期	样品号	样品位置	产状	$\delta^{13}\text{C}\%$ (PDB)①	$\delta^{18}\text{O}\%$ (SMOW)①	均化温度 ($^{\circ}\text{C}$)②	$\delta^{13}\text{C}\text{CO}_2\%$ ③	$\delta^{18}\text{O}\text{H}_2\text{O}\%$ ②			
早期	271—1	童家院	三中段十二穿	含矿脉	-6.11	+16.08	(186)*	-6.10	+6.26		
	282—2		北窿道斜井口	网状脉	-0.32	+17.72	(133)	+1.45	+4.25		
晚期	284—1	飞水岩	525中段15穿	含矿裂隙脉	-0.05	+11.00	141	+1.39	-1.83		
	245—5		五中段东部		-0.20	+11.21	(143)	+1.16	-1.46		
	948D ₃ S ²⁻⁷⁻¹		九中段	48穿	顺层含矿脉	+0.54	+15.61	(132)	+2.35	+2.05	
	13115D ₂ Q ⁻¹			115穿		-0.31	+17.83	(168)	+0.19	+6.92	
	9195D ₃ S ¹⁻¹			195穿	含矿裂隙脉	+0.24	+15.13	(155)	+1.16	+3.34	
	11195D ₂ Q ⁻¹			195穿		+0.48	+13.11	(147)	+1.69	+0.74	
	948D ₃ S ²⁻⁷⁻³		中段	48穿	晶洞	+0.23	+14.22	(143)	+1.61	+1.55	
	286—1			195穿		-0.20	+17.23	(133.5)	+1.54	+3.80	
	948D ₃ S ²⁻⁷⁻³			48穿		+0.73	+14.77	(143)	+2.11	+2.10	
	中期		295—2	岩	76穿	脉状	-0.07	+15.41	161.5	+0.91	+4.07
			300		48穿	乳白色含矿方解石脉	+1.18	+16.04	(139)	+2.28	+3.05
			16—1—3		98穿	含矿裂隙脉	+0.43	+14.61	(143)	+1.81	+1.94
			296—1		195穿	晶洞	-0.65	+18.08	137	+0.37	+4.93
			139D ₃ S ²⁻⁷⁻⁵		十三中段9穿	含矿裂隙脉	+0.80	+12.59	(174)	+1.27	+2.07
沉积岩		234—2	三中段208沿		方解石化灰岩	-0.99	+18.06	(100)	+2.48	+1.47	
	244—1	十一中段9-13穿	含方解石脉泥晶灰岩	-1.26	+19.23	(100)	+2.21	+2.64			

①② 据我所锑矿组, 1983, 湖南锡矿山锑矿田地质特征及成矿规律研究报告数据由我所测试室测定

③ 根据 Botting (1968) 公式 $10^3 \ln \alpha_{\text{C}-\text{CO}_2} = -2.998 \times (10^3 T^{-2}) + 7.6663 \times (10^3 T^{-1}) - 2.4612$, 把 $\delta^{13}\text{C}\%$ 换算成 $\delta^{13}\text{C}\text{CO}_2\%$ 值

④ 根据 O'neil (1969) 方程式 $10^3 \ln \alpha_{\text{方解石}-\text{水}} = +2.78 \times 10^6 T^{-2} - 3.39$ 换算为 $\delta^{18}\text{O}\text{H}_2\text{O}\%$ 值

* 括号内数据系推算温度

可能有三种以上来源,但主要来自被加热的地层水,经岩石中硫酸盐还原的硫,然而亦不排除有深源硫的加入。各矿物中硫的同位素组成的明显差别,则与生成时各种物化因素引起的同位素分馏有关。辉铋矿形成时的物化条件相对稳定,硫的均一化程度高。

2. 氧同位素组成

据童家院、飞水岩二矿床不同期石英、方解石中的氧同位素测定结果,参照矿物包裹体均一化温度换算为 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}\text{‰}$ 值列入表2、3。

早期硅化形成的微粒石英 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}\text{‰}$,值变化于+3.64—+8.34,平均+5.26。方解石中 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}\text{‰}$ 为+6.26。晚期硅化生于晶洞中的锥状石英 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}\text{‰}$ 变化于-0.71—+2.79,平均为+1.41;生于各种裂隙、晶洞中的方解石 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}\text{‰}$ 变化于-1.42—+4.93,平均为+2.50。

以上数值表明,早、晚期渗流溶液的氧同位素组成有明显的差别。早期溶液与通常所认为的正常岩浆水显然不同(丁梯平,1980),但具有深源特征,可能为部分深源溶液与被加热的地层水混合的结果。晚期渗流溶液则明显有大量雨水的混入,由于雨水在再循环过程中与深源溶液和原生地层水发生了氧同位素交换而降低了 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}\text{‰}$ 值。据此,可推论晚期地下热水主要是来自当地的雨水。

次生阶段梳状石英中的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}\text{‰}$ 变化于+0.21—+8.39,则完全可与现代雨水对比。

3. 碳同位素组成(表3)

早期矿化有一个试样 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}\text{‰}$ -6.10,晚期各种含矿裂隙及晶洞中方解石的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}\text{‰}$ 变化于+0.19—+2.35,平均+1.42,与本区碳酸盐岩围岩中的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}\text{‰}$ +2.21—+2.48,平均为+2.35比较接近,可能是被加热的地下水受石灰岩溶解或溶于雨水中的无机碳影响所致。

三、成矿控制因素

(一) 层位控制

确切地说,是受特定层位岩石组合序列控制的。经对比分析,锡矿山地区余田桥组七里江灰岩含矿段,有不同于湘中其他地区同一层位的岩石组合序列。基本岩性有:“黑色泥岩”——富含碳质、生物屑、粉砂屑的泥岩、钙质泥岩和页岩,占全段总厚度的15.3%,钙质砂岩占23%,白云岩、白云质页岩占35.6%,含生物屑,砂屑灰岩占26.1%,这些性质不同的岩层,矿山,从生产适用出发,按以灰岩、砂质灰岩、白云质灰岩夹钙质砂岩为主的所谓钙质层和以黑色泥岩,粉砂质泥岩为主的泥质层,成间互的韵律性层序细分为27个小层。有工业意义的铋矿体都无例外地产于上述以灰岩,砂质灰岩为主的钙质层中,而“黑色泥岩”既是矿源层也可作为遮挡层。这种具有透水性弱,起遮挡作用的盖层;高孔隙度和透水性强的储集层及富含有机质吸附性好的铋源层的岩石组合序列组成一套“生储、盖”配置良好的含矿岩系,这是铋矿形成和富集的重要控制条件。而且和油气的运集还可能具有某种内在联系。飞水岩西南尾砂坝附近深孔中的油气显示,可资佐证。

(二) 古地理环境控制

锡矿山铋矿的产出和富集,古地理环境固然不是一个直接的控制因素。但是,一定的

沉积环境可以产生特定的岩层,从这个意义上来说,沉积古地理环境则是产生含铈层和岩石组合的先决条件。

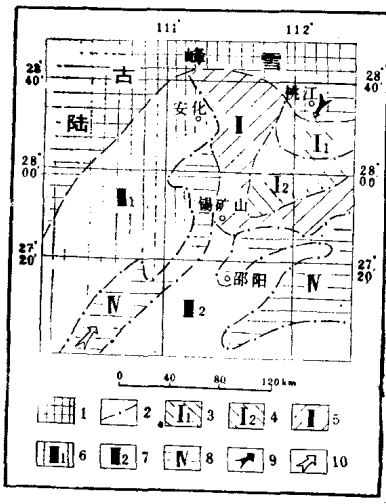


图6 锡矿山地区晚泥盆世佘田桥期沉积相古地理略图
(据我所原湘中组资料修改)

Fig. 6 Palaeogeographic sketch map of the sedimentary facies of the Late Devonian Shetianqiao age in the Xikuangshan district

- 1—剥蚀区; 2—相区界线; 3—三角洲前缘;
4—前三角洲; 5—潮坪; 6—近岸半局限浅海;
7—远岸半局限开阔浅海; 8—台内盆地; 9—
碎屑物来源方向; 10—海流方向

湘中地区佘田桥期的沉积古地理环境(图6)基本上承袭了棋梓桥晚期的格局^①。

从佘田桥期开始,湘中地区沉积古地理环境总的来说,仍是一个比较平缓,坡度不很大的陆表海,但海底地形的分异在不同海域中已有进一步发展,此时锡矿山南部的白马山海岛似已沉没海水中,成为水下隆起;北部近岸三角洲向南突出可能已达湘乡、涟源一线;东面的沅山亦成为水下隆起,从而使锡矿山及其周围的海域成为一个相对封闭的浅海盆地,有利于来自古陆、水下隆起众多矿源物质的汇聚。同时由于地壳震荡性的活动,沉积环境相应地出现旋回性变化,反映在沉积相上,早期为滨海相并向滨浅海相过渡;中期主要为潮间相,由于周期性的潮汐沉积作用,生物组合往往是以四射、通孔、枝状、块状等珊瑚及分珊瑚,腕足和块状、球状层孔虫等为主的滨浅海生物,从较发育而渐趋消失,代之以泻湖潮坪枝状层孔虫生物。并出现纹层、鸟眼、虫迹、泥裂、冲刷等结构,构造现象,这表明,水流由通畅而趋闭塞以至露出水面,晚期则出现水流相对通畅开放的台盆相泥质沉积,只是在这种特定的古地理环境下,方得以形成上述

有利于铈矿生成、储存、富集的岩石组合序列。

(三) 构造断裂控制

志留纪末期的加里东运动,使江南古陆与两侧的坳陷沉积受挤压而褶皱隆起。新化—涟源海盆的基底由于引张或挤压后的松弛而形成一系列北东向的地堑—地垒系和基底大断裂。中、晚泥盆世碳酸盐台地与台间浅海相变带,可能就是这种基底构造和大断裂的反映。从湘中地区产于中、上泥盆统中的层控型铅锌矿、黄铁矿和铈、金矿在空间上成带分布的特点来看,上述北东向基底大断裂意义更为重大。尤其是城步—新化大断裂,不仅控制沉积环境在时、空上的演变和沉积相的分异,而且控制了这一系列矿物的空间分布^②。

城步—新化大断裂延长300km以上,由若干北西倾的断裂组成宽10km以上的断裂带。矿田西部断裂(F₇₅)是此断裂带北延的组成部份,它不仅对锡矿山地区佘田桥期含矿岩系的建造有着重大的影响,而且亦控制着其后的成矿作用。印支运动的强烈挤压,是以断裂为边界的北东向基底地堑—地垒系对盖层褶皱构造的影响,而形成了锡矿山穹状背斜。燕山

① 刘文均等, 1980, 湘中泥盆纪沉积相及古地理专题研究报告。

② 刘文均, 1981, 湘中地区古构造特点及其与泥盆系沉积相和层控矿床的关系。

运动在本地区并不是单纯的断块升降运动,而是有相当强度的挤压褶皱的逆掩,从而使矿田西部断裂复活,东盘急剧上升,并相继产生新的扭动挤压断裂,使锡矿山穹状背斜进一步演变成地垒式背斜。因西部断裂活动被强化,侧压力的增强加剧了表面褶皱。由于含矿岩系中各层岩性组合及力学性质的差异,在挤压褶皱发展过程中弯曲程度的不同,造成上下地层间褶曲不协调,对向滑动剧烈,形成了一系列层间滑动剥离面、碎裂带,从而成为巨大层状、似层状及其他不规则状辉锑矿体最重要的容矿空间。这种受大断裂控制并具有特定含矿层位的岩性组合和层间滑动构造的关联性是本区锑矿产生的重要构造控制因素。

四、成因探讨

(一) 矿质来源

岩浆热液成矿论者认为矿质来自深部隐伏的、可能属燕山期的火成岩体。然而,矿田内并无强烈岩浆活动迹象。再从区域岩浆活动发展趋势看,燕山期的岩浆活动在本区已趋衰弱,因而不能设想在涟源盆地中有提供大量成矿物质来源的燕山期隐伏岩浆岩体存在。

雪峰山东南缘及湘中地区是湖南锑矿的集中产区,某些W、Sb、Au-W、Sb-Sb、W-Sb、Hg矿床组合就反复出现于元古代至泥盆纪的一定层位中,反映了锑随着地壳的演化在不同时代地层中存在着一定的继承和发展关系^①。余田桥组沉积时期,锡矿山及其周围地区正处于一个特定的古地理环境。周边隆起区的先成含锑地层被侵蚀分解,迁移下来的含锑泥沙进入相对封闭的海盆,并被富含有机质的粘土颗粒所吸附沉积下来。于是,形成了含矿岩系中锑含量较高的“黑色泥岩”,笔者于童家院矿床三段含矿岩系中上部几层未蚀变“黑色泥岩”中采集了10个样品作Sb量测定。As、Sb采用等离子光源发射光谱定量分析,Hg用冷原子吸收法测定:Sb含量25—80ppm,平均43.66ppm;As2.2—580ppm,平均149.95ppm;Hg0.1—13.3ppm,平均3.73ppm。另据肖启明资料(1984),锡矿山飞水岩矿床余田桥组非含矿地段各类岩石锑含量,采用无色散原子荧光分析一般为10—100ppm。(表4)

表4 锡矿山飞水岩矿床余田桥组各类岩石锑丰度值(ppm)

Table 4 Abundances of antimonies in all types of rocks of shetianqiao Formation, Feishuiyan ore deposit in Xikuangshan

岩类	样品数 (个)	变化区间	平均值	克拉克值
粉砂岩	27	85—12	47	A. П 维诺格拉多夫: 页岩 1ppm 碳酸盐 岩0.5ppm
泥岩	3	>100—13	>44	
藻灰岩	4	48—9	26	
生物灰岩	4	49—7	25	
泥晶灰岩	106	>100—3	>14	

(据肖启明1984,湖南锑矿成因探讨)

① 莫柱森, 1975, 层控成矿与多元成矿, 广东地质科技第4期。

此外,张宝贵等、也曾报导过(肖启月,1984),湖南前震旦系、上泥盆统及石炭系锑含量一般高出地壳背景值几十至几百倍乃至近千倍。由此可见,余田桥组沉积时锑有着丰富的来源,从而形成了某些“锑源层”,其中锑含量分别取得的测定值大抵相近,约为44ppm左右,高出维氏值数十倍,为锑矿床形成提供了一个必要的背景值。另外,西部断裂具有长期活动性,且可能深切上地壳,无论是在沉积期抑或后期的改造过程中,都有可能从深部循此通道把锑输入到沉积海盆或后期改造渗流的热液中,成为另一成矿物质来源。

(二) 溶液的来源及性质

有关成矿介质的来源,从上述稳定同位素组成特征所作的探讨可看出,早期主要是被加热的地层水并可能有部份深源热水的掺和。晚期由于雨水的大量渗入,地表雨水则是成矿溶液的主要来源。次生阶段则完全是当地雨水的作用。关于成矿溶液性质,可参见与辉锑矿共生的石英包裹体的成分分析(表5)。

表5 锡矿山锑矿石英包裹体成分分析结果
Table 5 The compositional analysis of the quartz inclusions in
antimonial ore of Xikuangshan

时期	产状	包裹体中的气体平均值 $\mu\text{g/g}$					包裹体中的液体平均值 μl							均化温度	
		H ₂ O	CO ₂	CH ₄	H ₂	CO	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	F ⁻	Cl ⁻	Na/K		Na Ca + Mg
早	层状体	225	9.83	0.08	0.02	1.78	234.52	5.8	14.88	31.10	4.76	104.2	2.09	0.13	275°C
晚	晶洞	360	2.63		0.04	0.35	63.10	3.22	4.88	6.91		43.38	1.42	0.10	157— 178.5°C

据我所锑矿组,1983,湖南省锡矿山锑矿田地质特征及成矿规律

早期硅质交代生成的石英包裹体大小在6—12 μm 气相为主,气液比在30%左右,含盐度一般为7—15NaCl wt%,高的可达30%。晚期充填于晶洞中之锥状石英包裹体最大者可达60 \times 30 μm ,气液比在40%左右。

两期石英包裹体中气体含量均较低,但CO₂, Co早期高于晚期, H₂O则反之。液体中Ca、Mg、K、Na、Cl离子浓度,早期远高于晚期,是由于晚期雨水大量渗入并随着温度梯度下降,水蒸气凝聚稀释该液体的结果。溶液中Ca⁺²离子特别高,可能是由于硅的交代作用,使围岩中大量Ca⁺²离子转入溶液之故,并使Na/(Ca + Mg)比值降低。溶液中Na/K比值大于1.2,而且Cl⁻的浓度很高,具有热卤水性质。因此,成矿溶液的性质应属Na—Ca—Cl型热卤水。还须指出的是,热液中Ba的含量应是比较高的,方才能在辉锑矿晶出的同时有形成重晶石物质基础。

(三) 成矿机制

根据上述锑矿床的基本特征,产出条件及可能的物质来源,推测其成矿作用过程和机制是:晚泥盆世余田桥期,锡矿山地区正处于一个特定的古地理环境,形成了一套具“生、储、盖”配置良好的含矿岩系,早三叠世末,随着印支运动在区域内所引起的强烈褶皱和一定规模的岩浆活动,产生巨大的热能,可能还有一部分深源热水渗入,使地层水被加温和驱动,在渗流过程中通过水解作用从原岩中溶解出大量碳酸盐、硫酸盐物质,锑元素亦

受到活化一并进入渗流的地下热水中。由于受基底地堑-地垒系及古断裂的影响,锡矿山正处于涟源向斜盆地中的穹状背斜的顶部,因而渗流的热液便向围压减低的方向汇聚。溶液亦因性质的改变释放出硅酸并以微小的晶质沉淀出来。于是产生了具有区域性面型分布的硅化现象。之后,才开始锑的矿化,但大规模锑矿的产出则是在后续的阶段。侏罗纪的燕山运动,导致矿田西部断裂(F₇₅)复活,出现重力型滑动,使东盘急剧上升,因强烈滑动产生的热能形成一个“热源点”,成为驱动再次被加热的地下水对流循环的热能和来自深处溶液渗流的通道。这种具有热卤水性质的渗流溶液,在早期矿化基础上促使锑元素进一步活化、再富集并被搬运到有利的构造地带,叠加于先成矿体或沉淀于各种裂隙、溶隙、层间剥离带等具有较大容矿空间中,生成晶形发育完好的辉锑矿晶簇或半自形块状集合体,从而使早期矿化进一步富集或形成新的矿体。

五、结 语

锡矿山锑矿是在特定的区域地质背景下,构造运动,沉积作用长期演变的产物。成矿作用经历了印支、燕山早期二个主要构造活动时期。锑矿质主要来自含矿系本身,亦有部份深源物质加入。成矿溶液早期为被加热的地层水及部份深源热水的掺和;晚期则以渗入地下的雨水为主,具热卤水性质。西部大断裂是成矿作用的主导因素,配置良好的“生、储、盖”岩性组合与构造的一致性则是锑矿得以富集的基本条件,并与油气显示在空间上具有一定的关联性。规模巨大的层状、似层状矿体的产出,严格受余田桥组七里江灰岩段层位控制。硅化是唯一有意义的围岩蚀变现象,且具区域性分布特征。因此,就总体特征而言,其形成并非单纯的岩浆期后热液成因。而是具有沉积-渗流热卤水改造成矿特点,是受一定层位控制的产于碳酸盐岩中的层控型辉锑矿床。(涂光炽等,1984)。

参 考 文 献

- 王根贤等,1986,湖南新化锡矿山地区泥盆纪一早石炭世地层系统,湖南地质,3、4期。
姜齐节等,1980,论渗流热卤水成矿作用的意义与成因标志,地质与勘探,第1期,冶金工业出版社。
涂光炽等,1984,中国层控矿床地球化学,第一卷,科学出版社。
肖启明,1984,湖南锑矿成因探讨,矿床地质,第2期,地质出版社。
丁梯平,1980,氢氧同位素地球化学,地质出版社。

A PRELIMINARY STUDY ON GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS OF XIKUANGSHAN ANTIMONY DEPOSITS, HUNAN

Zhuang Jinliang

(Hunan Institute of Geology)

Abstract

Xikuangshan Mine, Hunan is one of the largest antimony deposits in the

world. It comprises four ore deposits of different size. The important stratiform and stratabound antimony ore bodies occur mainly in Upper Devonian Shetianqiao Formation, and were restricted in certain stratigraphic horizons, i. e. in a environment of the semi-restricted intertidal zone of shallow platform.

The dominant structural pattern of the ore field represents a widespread horst-like anticline trending NNE, on which several secondary folds and NNE and NE trend faults are supervened. The lately reworked antimony ore bodies are confined mainly within the interbedded exfoliation planes formed in secondary anticlinal axis near the plunging end. The major fault (F_{75}) in the west may be a synsedimentary fault formed in a long time and may be related closely with the generation of the antimony deposits in this area.

The most important alteration of the antimony deposits in the area is silicification that may be distinguished into two stages. In the early stage, it is characterized by a planar replacement, with the $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ values about $+2.65$ — $+4.77\%$ in quartz, and a few more than $+5\%$; in the late one, quartz aggregates of coarser crystals were formed with the $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ values about -0.71 — $+2.79\%$. The solvent in the two stages could be mixed by water or meteoritic water.

Sulphur isotopic compositions of stibnite in all the deposits rang from -1.96 to $+16.83\%$. Most of the $\delta^{34}\text{S}$ values, however, are between $+5.5\%$ and $+9.0\%$, as tower type normal distribution deviated from zero, suggesting that it was not a magmatic source, though there was a high homogenization of sulphur and the stable physico-chemical condition during the deposition. There is no evidence of magmatic activity in the ore field and its surrounding area about 190 km^2 .

On the basis of the investigation, the author has drawn the conclusion that Xikuangshan antimony mine is composed of polygenetic deposits with multiple sources of materials and multiple factors of mineralization, which belongs to the stratabound antimony deposits in carbonate rocks.