

# 广西中部泥盆系的多金属-重晶石 矿床和热水沉积作用\*

陈先沛 高计元

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳)

**内容提要** 广西中部的来宾-武宣-象州地区是泥盆系象州型的典型地区, 又发育较多的铜、铅、锌多金属脉状矿床和层状-脉状重晶石矿床。过去工作主要是对单个矿区或矿带作评价, 而对各矿种间的关系, 对区域中成矿作用的联系讨论较少。本文研究了该区泥盆系中的多金属矿与重晶石砂的时空关系和地球化学特征, 认为是由统一的上泥盆世热水对流体系形成的热水沉积矿床。不同的矿种, 矿体的不同产状由对流体系的特点和地质环境的差异所决定。

**主题词** 多金属重晶石矿 热水沉积作用 泥盆系 广西

**第一作者简介** 陈先沛 男 52岁 研究员 沉积学及沉积地球化学

## 一、地质概况

广西中部来宾-武宣-象州地区是加里东褶皱固化的年青陆台, 泥盆系以角度不整合关系覆于浅变质的寒武、奥陶系细碎屑岩系之上。区域泥盆系的生物地层学研究程度很高<sup>[1、2]</sup>。区内象州大乐被选为典型的泥盆系剖面, 并被作为泥盆系近岸底栖型生物群的代表性地点(象州型)。区内泥盆系发育齐全, 建统、建阶的基础工作比较深入。近年来, 广西区测队、广西地质研究所和广西石油队等单位专门对泥盆系的岩相古地理作了大量的研究工作。已经编有详细到阶的岩相古地理图<sup>1)2)3)</sup>。

来宾-武宣-象州区的下泥盆统下部是滨海相的红色碎屑岩类, 厚度超过千米, 含植物及鱼化石, 为陆相及海陆交互相沉积。下泥盆统中上部到中泥盆统为细碎屑岩与浅海碳酸岩(灰岩与白云岩), 含大量底栖型腕足类、珊瑚化石和竹节石、牙形刺等微体化石, 地层总厚度逾千米。上泥盆统的岩相出现明显的分异。大致在来宾-武宣-象州连线区之内, 属深水远岸的浮游型生物群(南丹型), 沉积岩为纹层状硅岩(燧石), 条带灰岩, 瘤状灰岩等, 厚度约400米, 四周仍被浅水台地碳酸岩(象州型)所围绕。这种在陆棚碳酸岩台地上发育的深水一半深水盆地沉积物曾被称作台盆、台槽、台洼、

\* 本文曾在澳大利亚堪培拉第十二届国际沉积学家大会(1986)的分组会上宣读过。

1)陈维田, 1982, 桂西地区晚古生代以来地质构造基本特征的讨论。

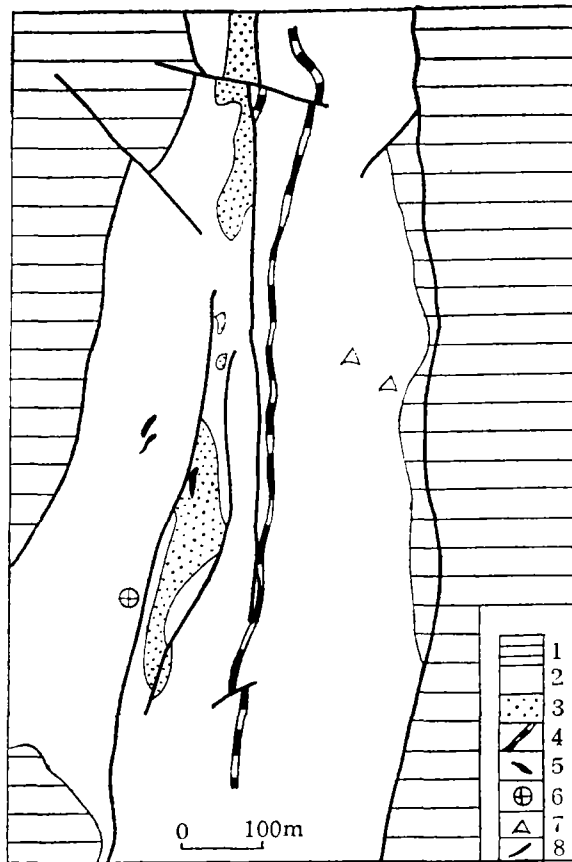
2)李玉宽等, 1983, 广西泥盆系沉积相与矿产关系的初步探讨。

3)张继淹, 1984, 广西各地质时期沉积相及沉积盆地演化。

礁间洼地等。本质上是受同沉积构造活动，在拉张条件下的断陷性地堑式盆地，属于古裂谷发展的初始阶段。盆地西侧来宾、洪江至牙石的狭窄相变带是同沉积断裂所在。东侧的通挽-雷山断裂两侧为不同的相区，断裂带即为相变线。

区内无明显的岩浆岩，某些矿区中曾见到少量脉岩穿入泥盆系中，对脉岩尚未仔细作过工作。

研究区东部象州-武宣泥盆系出露较广，在靠近通挽-雷山断裂存在较多的多金属-重晶石脉状矿床，如花鱼岭矿带中的朋村、大平碛、乐梅等铅-锌-重晶石脉状矿床，那马铜矿，寺村-龙堡单重晶石脉状矿等。脉状矿主要以下泥盆统中上部的细碎屑岩-碳酸岩为围岩。盆地西侧泥盆系大多被石炭系地层掩盖，仅在一些短轴背斜的轴部出露中-上泥盆统地层。来宾洪江短轴背斜近轴部有上泥盆统的纹层状重晶石矿层产于纹层状硅岩及硅质页岩中。层状矿同层位和其下伏的中泥盆统中有脉状重晶石矿。上泥盆统还有铀-钼矿化、锰矿化，前者与层状重晶石层位相当，后者产在上泥盆统上部的盆地灰岩中(图1)。



1. 石炭系地层 2. 中泥盆统硅质岩、盆地灰岩 3. 中泥盆统细碎屑岩、白云质灰岩  
4. 层状重晶石矿 5. 脉状重晶石矿 6. 铀-钼矿点 7. 锰矿点 8. 通挽

图1 来宾洪江层状和脉状重晶石矿床地质略图(据广西七队原图简化)

Fig. 1 Schematic geological diagram of stratiform and vein barite deposit of Hongjiang and Laibin

早期的工作将武宣—象州地区的脉状多金属重晶石矿床确定为中低温热液矿床。层控矿床理论在我国兴起后，注意到矿床与一定的地层位置（下泥盆统的中上部）有关，同时矿区附近又没有明显的岩浆岩，而把这类矿床划为层控矿床<sup>[3]</sup>笔者在研究区域重晶石矿床时，将区内各种主要矿产联系起来考虑，结合泥盆系的沉积环境和构造背景分析，认为这是在统一的热热水沉积作用过程中的不同表现形式，属于热水沉积矿床。

## 二、来宾洪江重晶石矿床热水沉积的标志

### 1. 来宾洪江上泥盆下部榴江组硅岩层中，有厚度为 1—2 米延伸超过 2 公里的层状重晶石矿层，它们都是沉积的

榴江组硅岩层为区域性的地层单位，厚 150 米左右。生物群为远岸浮游型（南丹型）的竹节石，小型薄壳双壳类等。灰黑色硅岩层微晶具毫米纹层。重晶石矿层的直接顶底板为硅岩或硅质页岩，具条带和毫米纹层。重晶石矿层与硅岩为整合产状，两者的微纹层亦很一致。重晶石灰黑到灰色，细微晶为主。据产状和沉积构造，它们都是在静水、还原性条件下的深水沉积。硅岩中重晶石的垂向层序为：硅岩→含重晶石放射状团粒的硅岩→条带状重晶石→条纹状重晶石→块状重晶石→条纹状重晶石→条带状重晶石→硅岩含重晶石球粒→硅岩。解释这种近对称的眼式结构为突发性的富含重晶石的热热水溶液叠加在硅岩沉积之上的结果。从大范围来看，硅岩沉积又是叠加在盆地背景泥灰岩沉积上的事件。由于多次叠加过程，造成硅岩透镜层套重晶石透镜层，重晶石层本身具有近对称性的构造分带。

### 2. 硅岩与重晶石矿层在矿物成分上和化学成分上都是质地纯净的

硅岩的化学分析， $\text{SiO}_2$  达 97.17%，其它组分均在 1% 以下。镜下除有少量粘土有机质外，微晶石英在 95% 以上。重晶石矿层的化学分析  $\text{BaSO}_4$  95—98%，除  $\text{SiO}_2$  可达 1—3% 外，其余组分均在 1% 以下。地质评价的取样分析，矿层平均含  $\text{BaSO}_4$  在 90% 左右。重晶石矿层中的杂质矿物为少量石英。象硅岩和重晶石矿层这样非常纯净的沉积层，同时它们在地表条件下的溶解度又很低，很难用沉积盆地中的物理化学分异作用而聚积起来。用成岩（矿）物质大量集中供应可能是合理的选择。

### 3. 与重晶石矿层层位相当或中泥盆统中少数脉状重晶石为白色，粗—巨晶，极易与深色的微晶重晶石相区别

镜下在近矿的围岩，重晶石矿中常可见到石英（方解石）—重晶石微脉。微脉常近于顺层，有塑性变形，脉壁界限过渡，具早期交代、充填的特点。笔者认为洪江重晶石的层状矿与脉状矿的关系，是同一热水沉积作用的不同表现，喷溢入盆地者成为沉积层，在盆地底界之下呈脉状，类似火山岩层与次火山岩的关系。因而产状上脉状矿不超过层状矿的层位，且成分一致。层状矿中有沉积和早期交代、充填共存的事实。据矿区内其他类型矿化地层关系、矿化特点，把热水沉积成矿作用的空间分带简括为：脉状重晶石→层状重晶石→铀钼氧化物→锰碳酸盐。

### 4. 洪江层状重晶石晶粒微小，所含的包裹体很小（ $< 1—3 \mu$ ），无法测定包体的均一温度

用爆裂法测得的温度为180—230℃,在层状重晶石矿石中的微细石英(方解石)-重晶石脉中存在的包体较大,气/液比为5—10%,均一法测定的温度为115、136、168、170℃,平均为140℃。一般爆裂法温度要高于均一法温度,可作为重晶石层形成的上限温度。测温结果反映重晶石层沉积和成岩的高热场环境。

层状重晶石包裹体的化学成分分析结果见表1,特点是阳离子 $\text{Na} \gg \text{K} \gg \text{Ca} > \text{Mg}$ ,阴离子 $\text{SO}_4 > \text{Cl} \gg \text{F}$ 。发现母体矿物重晶石在分析过程中有溶解现象,阴离子 $\text{SO}_4$ 偏高,无法计算成矿溶液的总浓度。分析的结果显示成矿溶液总浓度很高。

表1 来宾重晶石包体成分

Table 1 Enclosure composition of barites from Laibin

组分	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	K	Na	Ca	Mg	F	Cl	SO <sub>4</sub>
单位	mg		μg						
含量	2.6	0.172	217	1687	4.0	2.5	微	300	1650

分析者:李本超,施继锡

### 5. 有机地化指标反映重晶石层抵抗后期改造的能力很强

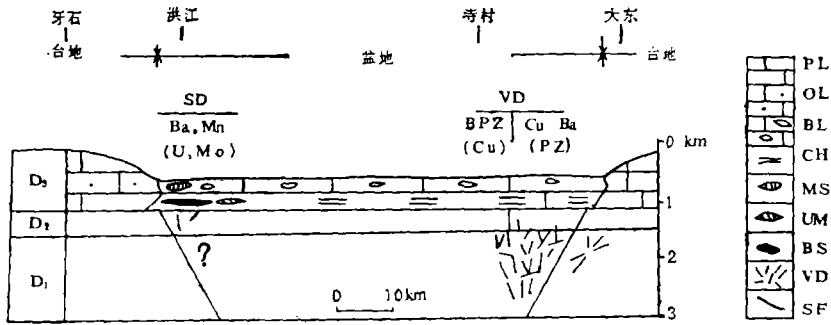
分析了重晶石层和围岩硅岩的有机碳(%)、热解碳(ppm)和计算了热解碳与有机碳的比值,分别为0.07, 0.07; 133, <50; 0.19, <0.01。重晶石层和围岩硅岩有机碳含量相同,但热解碳和热解碳与有机碳的比值却有数量级的差别,说明重晶石层保存有机质的能力强,不容易受到后期改造作用的影响,保留了较多的沉积和成岩的讯息。层状重晶石有机抽提物的色谱图上呈现以C<sub>19</sub>和C<sub>20</sub>为主的一组峰,以C<sub>27</sub>和C<sub>28</sub>为主的另一组峰的双峰结构,指示有机物具有混合源。低碳序峰区的姥鲛烷与植烷的比值为0.5,属还原性的沉积和成岩环境。色-质分析查明层状重晶石矿中有大量异构烷烃,如异戊二烯烃类烷烃,五环三萜烯、伽马腊烷、藿烷、甾烷等有机化合物(史继扬分析)。这与热解碳的较高的情况一致,是有机质演化程度不高的反映。

### 6. 硫同位素显示重晶石的硫酸盐源于海水

层状重晶石硫同位素分析,  $\delta^{34}\text{S}\%$ 为29,处于上泥盆世海水硫酸盐的 $\delta^{34}\text{S}\%$ 范围之内(21—29)(4)。

## 三、热水沉积作用与多金属硫化物脉状矿床

来宾洪江的层状重晶石、脉状重晶石及与之有关的铀、铜、锰矿化,标志着在上泥盆统中存在一个规模较大的热水沉积事件。为了查明盆地东部以脉状多金属硫化物为特点的矿床与东部热水沉积重晶石矿的关系,编绘了区域泥盆系的概略剖面图(图2)。来宾—武宣—象州中、下泥盆统的岩石组合、岩相类型、生物群面貌变化不大,属近岸浅海象州型沉积,图上没有作细致的反映。上泥盆统的岩相分异明显,出现象州与南丹型两种不同的岩相环境。同沉积断裂活动是控制沉积环境变化的主要因素。



PL. 生物碎屑灰岩, 生物灰岩; OL. 鲕状灰岩; BL. 条带状和瘤状灰岩; CH. 硅岩;  
MS. 锰矿化层; UM. 轴钼矿点; BS. 层状重晶石; VD. 脉状多金属重晶石矿; SF. 断裂;  
BPZ. 铅锌重晶石脉状矿; Cu. 脉状铜矿; Ba. 脉状重晶石矿; PZ. 脉状铅锌矿; SD. 层状矿床(化)

图2 层状重晶石矿与脉状多金属重晶石矿分带性概略剖面有( )者表示次要的矿或矿化

Fig. 2 Schematic cross section showing zonation of stratiform barite and vein multi-metal barite

### 1. 地层关系

盆地东侧的脉状多金属矿与重晶石脉在层位上集中于下泥盆统的上部, 靠近控制南丹型与象州型相变的区域性大断裂, 并主要在断层的上盘。盆地西侧只出露中泥盆统的上部地层, 在相变带的盆地一侧为脉状重晶石、层状重晶石和层状的铀、钼、锰矿化。推测在下泥盆统上部应存在与东侧相似的脉状多金属与脉状重晶石是合理的。尽管盆地西侧南丹型沉积大多被剥蚀, 保留很少, 目前尚未在其中见到类似于盆地西侧的层状重晶石矿。笔者认为把盆地东侧的脉状多金属硫化物矿和脉状重晶石矿视为热水系统的管道相是合乎逻辑的。

### 2. 分带性

盆地东侧的脉状矿有以铜为主的多金属矿, 有以黄铁矿、铅、锌为主的脉状矿, 有铅锌与重晶石共生(包括铅锌硫化物与重晶石在同一条脉中共存、铅锌硫化物脉与重晶石脉两种脉状矿共生), 也有单一重晶石脉等不同的矿化情况。在平面上有一定的矿化分带性: 铜的矿化(如那马铜矿)靠近同沉积断裂, 而铅、锌、钼矿脉在较远离同沉积断裂处最为集中(如花鱼岭矿带)。脉状矿存在明显的垂直分带性。在数以百计的各种矿脉中, 存在一些脉体的上部以重晶石为主, 而下部则以铅锌为主的事实, 从各种类型矿脉的延伸的深度差别现象, 也反映垂直分带的现象。以铜为主的多金属, 在那马矿区已知可延伸300米以上, 铅锌硫化物矿脉一般延伸200米左右尖灭或贫化(如花鱼岭矿带的一些矿床)。寺村、龙堡单重晶石脉延伸50米就显著变贫, 极少有矿脉能延伸到100米以上者(图3)。脉状矿的平面和深度的分带性暗示这些空间上相近的矿脉是在同一个成矿作用中形成的, 同沉积断裂既控制了岩相的差异, 也是主要的矿化通道。综合来宾—武宣—象州泥盆系中的矿化类型, 可以得出如下的分带模式:

铜硫化物—铅锌硫化物—重晶石(脉状及层状)—铀钼氧化物—锰碳酸盐。

比较红海含金属沉积物的分带图式〔6〕。

铜锌硫化物—钙钡硫酸盐—铁锰氧化物—铁锰碳酸盐—二氧化硅。两者基本上可以比较。

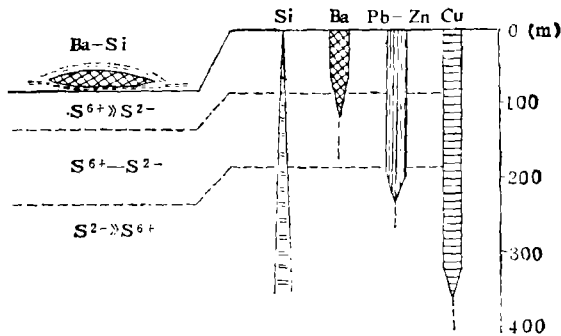


图3 多金属-重晶石脉状矿的深度分带和层状重晶石矿、硅化与硅岩关系剖面略图

Fig. 3 Schematic cross section showing vertical zonation of multimetal-barite vein ore, the relationship between stratiform barite ore and siliconizing and silicon rocks

### 3. 矿物成分组合及演化关系

脉状矿与层状矿的矿物成分不复杂，主要是Cu、Fe、Pb、Zn的硫化物和重晶石。从矿物的分带性看，这些元素有一定的演化关系，总的趋势是硫由还原态演变为氧化态。以铜为主的多金属矿脉负二价硫占绝对优势。铅锌多金属与重晶石矿化共存，负二价硫与正六价硫两者相当，单重晶石脉有时尚含有少量铅锌硫化物（据分析含Pb+Zn为千分之几），而层状重晶石则几乎已全为正六价硫（含Pb+Zn为十万分之几）。表现了既共生又有差异，既各自集中又有联系的演化关系（图3、4）。

重晶石中的SrO含量同样显示有明显的演化关系。与铅锌共生的重晶石SrO为0.68%，单重晶石脉为0.28%，层状重晶石的放射状球粒为0.15%，微晶重晶石为0.06%，反映重晶石中的Sr是产状（同时也是形成条件）的函数（图4）。

脉状多金属与重晶石矿有明显的围岩蚀变，蚀变类型有硅化、白云石化、萤石化、方解石化等，而以硅化最明显和最普遍，一般多金属硅化物脉的硅化强，单重晶石脉硅化较弱。值得注意的是层状重晶石是以质纯的硅岩为围岩并形成眼式结构（图3）。这个事实同样反映了层状矿与脉状矿的成因联系。

### 4. 成矿温度分析

对研究区不同矿化类型的成矿温度作了研究。铅锌硫化物重晶石脉旁沥青反射率测温为220℃（4次测定平均值）。脉中石英包体均一温度为180℃（三次测定平均值）。脉中硫化物与硫酸盐（重晶石）的硫同位素平衡温度为180°—220℃。不同的对象和不同的方法所测得的结果相当一致。单重晶石脉旁沥青反射率测温为190℃，单重晶石脉中重晶石包体均一温度为165℃。来宾洪江层状重晶石的包体测温为140℃（图4）。说明热水系统由于温度的降低和氧化程度的加强，形成不同类型、不同产状的矿化。

### 5. 热水溶液的性质

分析了脉状重晶石的粗巨晶重晶石，中心细微重晶石的包体成分（表2）。包体成分的总特点是Na-K-SO<sub>4</sub>-Cl型。阳离子关系Na≫K≫Ca>Mg；阴离子SO<sub>4</sub>≫Cl≫F。脉状重晶石成矿溶液与层状重晶石成矿溶液性质完全一致（表1）。成矿溶液的盐度高（总浓度为26—55%）。从离子之间的比例关系说明在成矿溶液性质总体一致的情况下，有一定演变关系。重晶石从粗巨晶到细微晶到层状重晶石，Na，Cl，SO<sub>4</sub>等离子相对增高，K，F离子相对减少（图4）。

尹汉辉<sup>[3]</sup>曾测定了花鱼岭矿带乐梅铅锌多金属脉和重晶石脉中闪锌矿、萤石、重

IET. 硫同位素平衡温度, HFT. 包裹体均一温度, RPT. 沥青反射率温度, 1. 层状微晶重晶石, 2. 层状球粒重晶石, 3. 脉状微粒重晶石, 4. 脉状粗晶重晶石, 5. 多金属重晶石脉

图 4 矿石类型与地球化学参数关系图

Fig. 4 Relationship between ore types and geochemical parameters

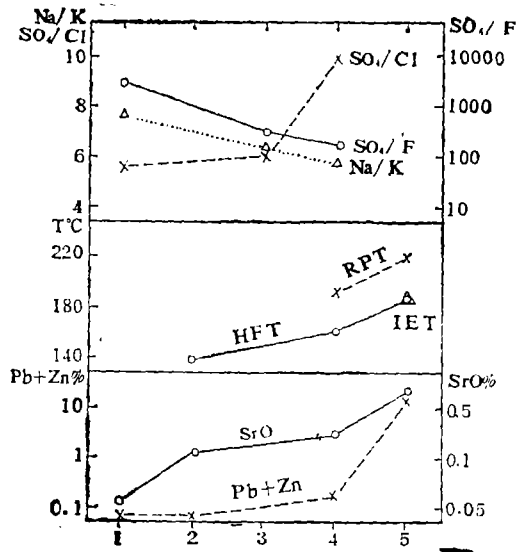


表 2 脉状重晶石的包体成分分析

Table 2 Enclosure composition of vein barites

组 分	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	K	Na	Ca	Mg	F	Cl	SO <sub>4</sub>	总浓度
单 位	mg		μg							mg
粗巨晶	19.6	1.43	298	1912	101	2.5	3.8	420	2500	26.7
细微晶	5.1	0.506	165	975	16.0	5.0	5.3	148	1500	55.1

分析者：李本超、施继锡

晶石包体中的氢氧同位素，结果表明成矿溶液为接近大气降水的地层水质性。

### 6. 成矿溶液的来源

脉状多金属重晶石脉的重晶石硫同位素分析 $\delta^{34}\text{S}$ 为20—31‰，平均值26‰（7个样品）；单重晶石脉为23—27‰，平均为25‰（3个样品），两者十分相近，与层状重晶石的硫同位素值29‰相差也不大。据研究〔4〕，世界下泥盆世海水硫酸盐的硫同位素值范围为15—20‰，平均值为17‰，上泥盆世相应值范围为19—29‰，平均值为25‰。从下泥盆世到上泥盆世的海水硫酸盐的同位素有强烈而明显的变化，研究区的脉状多金属重晶石矿集中于下泥盆统的中上部，个别可穿入上泥盆下部。它们的硫同位素值都与上泥盆世海水硫酸盐的硫同位素值一致，可见成矿溶液主要来自下渗的上泥盆世海水。

## 四、讨 论

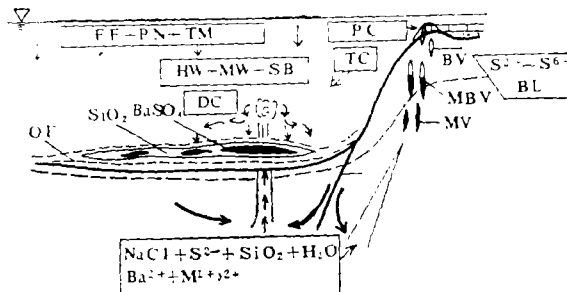
1. 广西中部来宾—武宣—象州上泥盆世时由裂谷形成作用而产生了静水、还原性、以浮游生物群为特点的盆地沉积物。

2. 盆地沉积作用较为复杂多样，既有细碎屑物与浮游生物残体的本底沉积，又有来自周边高地的重力流沉积物，还有本文着重研究的热热水沉积物。

3. 热水沉积物具有较高的成矿能力, 它可以聚集大量的成矿物质, 以突然的、集中的方式注入盆地之中快速堆积, 并对盆地底部的先期沉积物产生交代、充填作用。

4. 研究区的多金属-重晶石矿床的地质, 地球化学证据表明是晚泥盆世的热热水沉积作用所形成的一个较为典型的古代实例。

5. 对泥盆系热水沉积作用概括为一个简化模式(图5)。要点是晚泥盆世的裂谷作用使海水沿控制盆地的断裂下渗, 到深部被加热, 海水溶解其环流所经过的围岩中物质成为成矿溶液。在接近盆地底部时, 成矿溶液因温度降低, 氧化作用加强等而在适合的部位充填或交代围岩而形成脉状矿化, 并产生规律性的分带; 当成矿溶液喷溢入盆地与海水混合而发生沉淀, 并产生水平分带。



FF. 凝灰物质, PN. 浮游生物及碳酸盐, TM. 陆源细碎屑物, HW. 热水, MW. 海水, SB. 重晶石及氧化硅, DC. 密度流, TC. 浊流, PC. 碳酸盐台地, OF. 盆地灰岩及有机粘土, BV. 单重晶石脉, MBV. 多金属-重晶石脉, MV. 多金属脉, BL.  $S^{2-} \sim S^{6-}$  界面,  $M^{1+}$ ,  $2^{+}$  金属阳离子

图5 热水沉积的多金属重晶石矿床概略模式图

Fig. 5 Schematic model showing thermal water sedimentary mulimetal-barite deposit

6. 热水沉积作用的关键因素是高的地热场, 稳定的热水对流体系的形成, 合适的卸载堆积环境。

7. 国外也有一些重要的泥盆系热水多金属重晶石矿(西德梅根等), 多金属矿(加拿大宾尼-坡英特)<sup>[5]</sup>, 证明存在一个世界性的泥盆纪热水事件, 值得注意。

### 参考文献

- [1] 王钰, 俞昌民, 1974, 中国南方泥盆纪生物地层研究的进展, 中国科学院南京地质古生物研究所集刊第六号, 科学出版社, 北京 1—71页。
- [2] 白顺良, 金善燊等, 1982, 广西及邻区泥盆纪生物地层, 北京大学出版社, 1—204页。
- [3] 尹汉辉等, 1984, 中国层控铅锌矿床地球化学, 在“中国层控矿床地球化学”第1卷中(涂光炽等著), 科学出版社, 13—69页。
- [4] Claypool G. E. et al., 1980, Chem. Geol., V. 28, N. 3-4, p. 199-260.
- [5] Wolf k.H. (Ed.) 1982, Handbook of strata-bond and stratiform ore deposits, part3, V. 9, Elsevier Amsterdam, p. 1-642.
- [6] Бугузоба Г.Ю., 1984, Минералогия Металлоносных Осауков Красноярья. Сообщены I. I., Литол и Молез. пскон, No.2, Стр 3—23, No.4, Стр 11—32.



## THERMAL WATER SEDIMENTATION AND PB-ZN-BARITE DEPOSITS

Chen Xianpei

Gao Jiyuan

(Institute of Geochemistry, Academia Sinica, Guiyang)

### Abstract

The central Guangxi Province is located in a platform which was consolidated in Caledonian orogeny. Stratiform barite deposit (SB) and vein Pb-Zn-barite deposit (VB) occur in a rift basin in Devonian system. The Devonian lithologic units are listed here: (1) red clastic rocks of littoral and facies, (2) lutite-carbonate of neritic facies, (3) chert layer and banded limestone. The SB occurs in the chert layer in Upper Devonian system and the VB occurs in the neritic strata in Middle and Lower Devonian system. In space the VB is located in both sides of the basin, but the SB occurs in the middle of the chert layer which is 150m in thickness in the westerside of the basin, and ore layer is more stable in thickness and extends up to several km. The apical, floor and band plates of the ore layer are the chert layers. Grey and grey-black SB with banded and striped structures is composed of fine, grey barite. The section of the barite layer shows symmetric eye shape. Composition of the SB is very simple. The radiospherical barite is located in the outside of eye structure. Fluid inclusions are very rare and very tiny, whose homogenous temperature is about 140°C, and the enclosure system is SO<sub>4</sub>-Cl-Na-K. The δ<sup>34</sup>S values of the barite is about +29‰. SB is associated with stratiform Mn, U, Mo mineralization. However, VB occurs in clusters containing basemetal veins (PV), basemetal-barite veins (VB) and single barite veins (MVB). The ore veins show zonation in horizontal and vertical directions. The horizontal zoning of the barite vein cluster is PV, VB, MVB outside around a deep fault controlling the rift basin, and the vertical zoning displays its feature in extended depth of the oreveins, mineralization temperature, mineral composition and country rock alteration etc. The δ<sup>34</sup>S‰ values of VB are 19—30 (average 26.5), of MVB are about 23—26 (average 25.1). The enclosure system in MVB is SO<sub>4</sub>-Cl-Na-K. VB and SB are different produces of same mineralization, the evidences are: (1) VB and SB occur in the same rift basin, and are closely associated with each other, VB is located under the SB layer, (2) ore composition, structure, texture, feature and temperature of mineralizing solution, ore-bearing country rocks (from silication rock to chert layer) and country rock alterations

are similar and display obvious and systematic evolution from VB to SB, (3) the  $\delta^{34}\text{S}$  values of VB and SB are similar and approximated to the average value of sulfate in Later Devonian marine water, but are not similar to average value of sulfate in Early Devonian water, so that we propose a thermal water mineralization model. The study indicates the SB and country rock-chert layer are typically deposited by thermal water, so it is necessary to propose a stratiform-vein type deposit which is typical representation of thermal water mineralization.