



表 1

| 矿带名称<br>特 征 | 东 矿 带                          | 西 矿 带                          |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 赋存层位        | 铜厂段中、下部肉红色浅灰色泥砂质、凝灰质白云岩，灰白色白云岩 | 狮山层浅灰、肉红色、暗绿灰色泥砂质、凝灰质白云岩，白云质板岩 |
| 矿点分布        | 占易门矿区矿点总数的80%                  | 占易门矿区矿点总数的20%                  |
| 探明储量        | 占易门矿区总储量的30%                   | 占易门矿区总储量的70%                   |
| 矿体形态        | 层状、透镜状为主，柱状次之                  | 似层状、柱状为主，脉状、囊状次之               |
| 矿体规模        | 大                              | 中等                             |
| 品 位         | 贫而稳定                           | 富，不稳定                          |
| 工业意义        | 一般                             | 大                              |

### 铜厂段沉积相序及模式

一、相序及模式 垂直剖面自下而上见层纹石、泥裂、鸟眼→丘、柱状迭层石→核形石的变化，说明铜厂段为海侵序列。而马鹿段为海退序列（图2），据此自老至新其相序是：

马鹿段（PtK<sub>2</sub>Tm）：浅海蚀积相。

铜厂段过渡层（PtK<sub>2</sub>Tt<sub>1</sub>）：泻湖白云岩相（图3）：

混合坪相；

潮汐砂坝相；

沼泽相

铜厂段白色层（PtK<sub>2</sub>Tt<sub>2</sub>）：潮上相（图4）：

上潮间相；

下潮间相；

潮下相。

铜厂段青灰色层（PtK<sub>2</sub>Tt<sub>3</sub>）：潮上相；

潮间相；

潮间至潮下过渡相；

潮下低能相。

| 层 位                                        | 相柱状图 | 沉降曲线 |    | 相 名 称            |
|--------------------------------------------|------|------|----|------------------|
|                                            |      | 海退   | 海进 |                  |
| Ptk <sub>2</sub> Tl                        |      |      |    | 海湾黑色炭质板岩、灰岩、白云岩相 |
| PtK <sub>2</sub> Tt <sub>1</sub><br>(青灰色层) |      |      |    | 潮下低能相            |
|                                            |      |      |    | 潮间至潮下过渡相         |
|                                            |      |      |    | 潮 间 相            |
|                                            |      |      |    | 潮 上 相            |
| PtK <sub>2</sub> Tt <sub>2</sub><br>(白色层)  |      |      |    | 潮 下 相            |
|                                            |      |      |    | 下潮间相             |
|                                            |      |      |    | 上潮间相             |
|                                            |      |      |    | 潮 上 相            |
| PtK <sub>2</sub> Tt <sub>3</sub><br>(过渡层)  |      |      |    | 沼 泽 相            |
|                                            |      |      |    | 潮汐砂坝相            |
|                                            |      |      |    | 混合坪相             |
|                                            |      |      |    | 泻湖白云岩相           |
| Ptk <sub>2</sub> Tm<br>(紫色层)               |      |      |    | 浅海蚀积相            |

图 2 易门铜矿区铜厂段沉积相剖面图

根据这个相序及各层侧向变化关系建立如下相综合模式图（图5）。

二、相的特征及成矿关系 铜厂段分三部分，现将与矿有关的岩相特征列如表2。

野外观察和综合研究表明，矿床间接受岩相控制，很多有利成矿相段无矿或矿化甚弱，要形成矿床（体）必须要有矿源层和控矿构造。这是因为地处潮间相带和潮汐砂坝相带，一则沉积介质属氧化性质，二则介质中铜钴极为稀薄，故同

生期无大量铜钴富集。本区有利成矿的相段有潮间相、潮汐砂坝相、沼泽相，尤其是障壁岛（图4）向陆一侧的上潮间相带有利于形成铜矿床（如铜厂、起步郎、起咱、梭佐等矿床），向海一侧的下潮间相有利于形成钴矿床（万宝厂、老厂钴矿床等）。这些相段孔隙度良好，可供矿液渗透交代沉积。而沼泽相本身含有大量炭质，为强吸附剂，是一个还原相段，有利于成矿。上述这些相段在成



表 2

铜厂段铜矿特征与成矿关系表

| 段<br>层<br>特<br>征                                         | 铜厂段过渡层 (P1K <sub>2</sub> T <sub>11</sub> ) |                              |                               |                                                                                          | 铜厂段白色层 (P1K <sub>2</sub> T <sub>12</sub> ) |                               |                             |                |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------|
|                                                          | 泻湖白云岩相                                     | 混合坪相                         | 潮沙砂坝相                         | 沼泽相                                                                                      | 障壁岛潮上相                                     | 潮上相                           | 上潮间相                        | 下潮间相           |
| 颜色                                                       | 灰白、青灰色                                     | 浅灰、肉红色                       | 肉红、浅灰色                        | 灰黑色                                                                                      | 乳白色                                        | 浅灰、灰白色                        | 灰白色                         | 青灰色、局部<br>夹浅灰色 |
| 岩石类型                                                     | 中—厚层状白云岩                                   | 泥砂质、凝灰质白云岩夹薄层板岩或泥膜           | 中厚层状含砾长石石英砂岩、局部夹粉砂质、凝灰质白云岩    | 中—厚层状凝灰质白云岩                                                                              | 厚层块状微晶白云岩，夹叶片状泥膜                           | 中至厚层状微晶—粉晶白云岩                 | 中至厚层状微晶至粉晶白云岩               | 中至厚层状微晶白云岩     |
| 颗粒类型                                                     | 碳酸盐碎屑为主                                    | 碳酸盐碎屑为主，次为泥砂质沉积物             | 石英、长石、碳酸盐碎屑                   | 碳酸盐碎屑为主，次为砂屑及泥质炭质等                                                                       | 碳酸盐为主的内碎屑                                  | 以碳酸盐的内碎屑为主                    | 碳酸盐内碎屑为主，如粉屑、砾屑、残余          | 碳酸盐内碎屑为主       |
| 层理类型及沉积构造                                                | 水平层理                                       | 平行、透镜层理为主，有波痕                | 平行、透镜、粒序、楔形层理、重荷模、水底滑痕等       | 水平、平行层理，有砂质条带、硅质条带构造、雨印(?)                                                               | 波状层理为主，次为水平层理，块状层理，透镜构造，层理，透镜构造，层裂         | 波状层理为主，次为水平层理，层纹、层理，硅质条带、透镜构造 | 水平、透镜层理。波状层理及单向斜层理。硅质条带、带构造 | 水平层理为主。硅质条带构造  |
| 生物遗迹                                                     |                                            | 无                            | 无                             |                                                                                          | 少量层纹石、波状层纹石                                | 平行波状、断续波状、断续平行状层纹石为主          | 平丘状、波状层纹石为主，次为层纹石           | 核形石            |
| 化学成分                                                     | CaO、MgO为主                                  | CaO、MgO为主，次为SiO <sub>2</sub> | SiO <sub>2</sub> 为主，次为CaO、MgO | SiO <sub>2</sub> 、CaO为主，次为Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO、MgO特征，个别                               | CaO、SiO <sub>2</sub> 、MgO为主   | CaO、SiO <sub>2</sub> 、MgO为主 | CaO、MgO为主      |
| Fe <sup>++</sup> /(Fe <sup>++</sup> +Fe <sup>+++</sup> ) |                                            | 0.90                         | 0.90                          |                                                                                          | 0.66                                       | 0.66                          | 0.66                        |                |
| 矿化                                                       |                                            |                              | 普遍矿化，Cu 580ppm                | 矿化强、有工业矿体                                                                                | 偶见黄铜矿化                                     |                               | 黄铜矿、辉钼矿                     |                |
| 其他                                                       |                                            |                              | 砂体为凸透镜体                       |                                                                                          |                                            |                               | 潮沟沉积可见。                     |                |

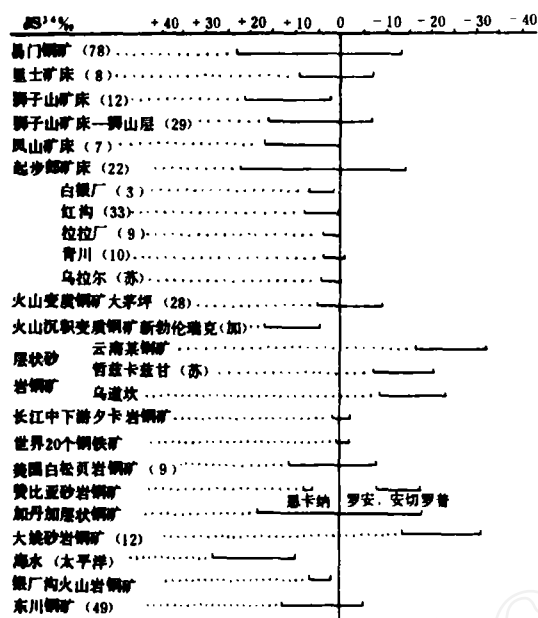


图6 易门铜矿区已知矿床类型  
硫同位素特征对比图  
(括号内为样品数)

3. 钾钠含量 在铜钴矿床中 $\text{Na}_2\text{O}$   $\text{K}_2\text{O}$ , 无矿地段则反之, 可能与火山碎屑岩有关。

4. 气液包裹体测温 成矿温度为 $190 \sim 480^\circ\text{C}$ 。

5. 铜厂段是储矿层 这是因为沉积环境属河口湾、潮间带, 介质属酸性氧化性质。另据近代测定, 海水中的 $\text{Cu}$ 为 $2 \times 10^{-7}\%$ , 里海盆地 $3.8 \times 10^{-8}\%$ , 流入亚速海的河流为 $2 \times 10^{-7}\%$  (据何起祥《沉积岩与沉积矿产》第23页)。显然如此低浓度的介质, 水体扰动那样强烈, 不可能有大量的铜钴沉积, 这证明铜厂段是储矿层不是矿源层。

如果要在同生期形成 $0.5 \sim 1\%$ 的数十万吨的铜矿床, 则要求水体含铜相当高, 而且沉积过程中介质的 $\text{pH}$ 、 $\text{Eh}$ 、盐度、氧化还原指数都保持不变, 但地处潮间带不具备这样的环境, 故无同生期的矿体。

6. 矿石结构构造 矿石结构以固熔体分离乳浊状结构、交代熔蚀结构为主。铜钴硫化物呈斑杂状、小条状、断线状、浸染状、细脉状、网脉状、块状、角砾状等构造。这些结构构造表明成矿晚于围岩。据岩矿鉴定资料, 铜钴矿物呈胶结

物充填于白云石孔隙中。

7. 围岩蚀变 矿床围岩有不同程度的褪色、硅化、绿泥石化、绢云母化和白云石重结晶等蚀变现象, 系重要找矿标志。

8. 构造 矿床受一定构造控制。常在断裂交叉或共轭处以及断裂弯曲和褶皱鞍部脱空部位成矿。

9. 矿体形态 有层状、透镜状、柱状、脉状, 反映了成岩或成岩期后分异作用形成的矿体形态。

综上所述, 笔者认为铜厂段中的铜钴矿床主要是成岩作用或成岩期后分异作用形成的层控中温热液矿床, 少部份是表生成岩阶段形成的。成矿过程可分四个阶段, ①海解作用阶段, 此阶段属开放系统的酸性氧化环境, 介质含铜钴十分微薄, 潮间带水体扰动强烈, 无铜钴析出。②成岩阶段, 上述沉积物被埋藏后处于封闭系统中, 由于藻丝体分解和细菌作用, 氧逸度减少, 产生 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{NH}_3$ , 层间封存水 $\text{pH}$ 值为 $8.56 \sim 10.03$ ,  $\text{Eh}$ 值 $792 \sim 840\text{mV}$ ,  $\text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+})$ 比值为 $0.66 \sim 0.9$ , 表明封存水为碱性还原性质, 此时一方面使储矿层的物质再分配, 另一方面由于温度、压力、浓度等高低差异所产生的梯度关系, 使下部矿源层 (紫色层, 下同) 中含铜钴热卤水扩散渗透上来, 与储矿层中的封存水发生化学作用, 此作用持续到藻丝体分解和细菌作用终结为止。此阶段形成的矿床以铜厂铜矿床为代表, 特点是层状, 规模大, 品位低而稳定。③成岩期后分异作用阶段, 随成岩之后, 上覆沉积物进一步加厚, 由于褶皱断裂作用, 储矿层矿源层发生变形和断裂, 使温压升高, 导致矿源层中含铜钴的热卤水 ( $460^\circ\text{C}$ ), 沿断层源源不断地转移到储矿层中, 与重新活跃的铜钴物质混合, 向褶皱脱空部位、共轭断裂、交叉或弯曲处等应力释放方向运移集中, 并与围岩发生化学反应, 沉淀富集成矿床和围岩蚀变。该阶段形成的典型矿床有狮子山、起步郎、梭佐等矿床, 其特征是受岩性及构造控制, 矿体形态复杂, 有脉状、柱状、囊状、透镜状等。④表生成岩阶段, 继成岩之后, 储矿层随构造运动升至地表, 使原来的铜钴矿床处于天水、地下水作用之下, 这类矿床常分布于

矿床的次生硫化物富集带中,与原生矿成为一体,受岩石的孔隙度、氧化带深度、地下水、天水作用强度控制(图7)。

关于铜钴矿质来源问题,根据硫同位素、测温、 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Ni}/\text{Co}$ 等资料,笔者认为来自下部矿源层——马鹿段紫色层中的凝灰岩及陆源搬运来的铜钴物质。据该地区背景值计算,马

鹿段中含铜4200万吨,钴170万吨。但该段含大量 $\text{Fe}^{3+}$ ,为氧化环境,铜钴不能析出。当受地热、火山热、变质热加温的地下水,溶解了矿源层中铜钴等物质并形成热卤水后,向压力、温度、浓度低的方向,沿断裂扩散渗透到上部储矿层的有利成矿相段中,沉淀堆积形成矿床。

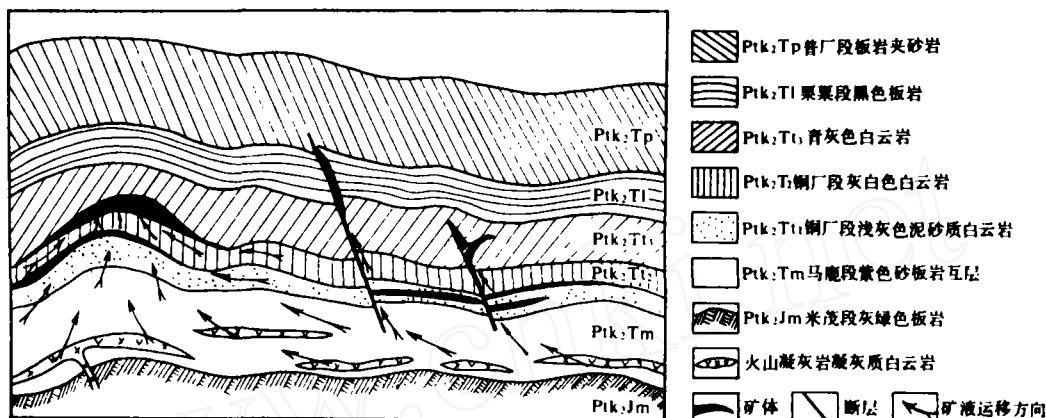


图7 易门铜矿区铜厂段矿床成矿模式图

## 成矿规律与找矿方向

### 一、成岩作用形成的层控中温热液矿床的成矿规律

1.找“层”:首先找矿源层(马鹿段紫色层)和储矿层(铜厂段过渡层、白色层),这是找矿前提。

2.定“相”:必须在储矿层中找到有利成矿的潮汐砂坝相、沼泽相以及上潮间相;在障壁岛两侧上潮间相带找铜,下潮间相带找钴。这些相段有好的孔隙度,有利矿液的渗透,特别是层纹石、迭层石发育相段在埋藏后造成的环境最适宜成矿。

3.查“变”:在断层旁侧矿体有增厚变富的变化趋势。

4.地层搭配:通常厚层或块状的白云岩、砂岩、缺乏隔挡层,不利矿液集中成矿。地层太薄,空间有限,不利矿液的不断交代沉淀,不易形成工业矿体。据本区几个矿床统计,中厚层的砂岩、白云岩间夹薄层板岩,一般板岩与砂岩、白云岩之比例1:4~1:10左右有利成矿,因它既有宽敞的储矿空间又有隔挡层。

5.化学成份:  $(\text{CaO} + \text{MgO}) / (\text{SiO}_2 +$

$\text{Al}_2\text{O}_3)$  比值 2,  $\text{Na}_2\text{O} / \text{K}_2\text{O}$  有利成矿,否则无矿(据苗家穗,1979)。

### 二、成岩期后分异作用形成的层控中温热液矿床的成矿规律

1.找“层” 首先找矿源层(马鹿段紫色层)及储矿层(铜厂段过渡层、白色层)。

2.矿液通道 与矿源层沟通的断裂构造。

3.矿液分散通路和富集场所 矿液通道旁侧派生的次一级构造和羽状裂隙以及褶皱鞍部脱空部位等。如狮子山矿床中纵断层为矿液通道,横断层是分散通路,褶皱鞍部脱空部位是富集场所,形成了占矿床储量80%的1号矿体。

4.围岩条件 在矿液通道旁侧有利成矿的泥砂质白云岩、青灰色白云岩等。

5.围岩蚀变 褪色、硅化、白云石重结晶、绿泥石化、绢云母化等,尤其是硅化、白云石重结晶等与矿关系更为密切。

关于表生成岩作用形成的矿床,由于它总是分布在原生矿床的次生硫化物富集带中,与原生矿成为一整体,不能或很少能形成独立的矿床,其工业意义远不及原生矿。

总之,应在具备矿源层、储矿层的前提下,寻找与矿源层沟通的断裂构造和有利成矿相段(潮汐砂坝相、沼泽相、潮间相),并据围岩蚀变(褪色、硅化、白云石重结晶)缩小找矿范围;进一步寻找矿液可能富集的场所(褶皱脱空部位、

断裂交叉及旁侧羽状裂隙发育地段)。如遇矿体突然变贫或缺失时应在矿体上盘找矿。

在成文过程中黄洲文、赵宪民、王顺发等同志提供了大量资料,谨致谢意。

## 长坡锡矿床成矿规律与隐伏矿体的找矿勘探

大厂长坡矿地质科 张 平

大厂矿田是我国的重要锡矿基地之一。长坡矿区是大厂矿田的主要矿床,分布面积大于1平方公里,是一个以锡为主并伴生铅、锌、锑、硫、砷、铟、镉、镓、银等的大型锡石—硫化物矿床。

矿山生产30年来,我们在上部采区进行矿床地质研究,探索成矿规律,预测隐伏矿体,获得了一定数量的矿量,按现有生产水平,可开采30年。近年来,在研究深部矿体的过程中,在矿体末端的硅质岩层里(550米水平),又探获了新的储量,延长了矿山寿命,为矿山稳产高产作出了贡献。

### 矿区地质简况

矿田位于广西山字型构造西翼接近反射弧的部位。

出露地层有下泥盆统至三迭系。矿体主要赋存在中、上泥盆统板状灰岩、硅质岩、条带状灰岩、扁豆状灰岩和泥灰岩中。

区内长达百余公里的北西向线状褶皱带,为一级构造,控制着丹池矿带;由于基底构造的影响和后期构造作用,与一级构造带大致垂直的三个二级横向隆起构造带,控制着矿田:大厂褶皱带和北东向裂隙及其北东向裂隙与北西向层间裂隙构造的交汇部位,控制着本矿床。

矿田内出露的岩浆岩有黑云母花岗岩、花岗斑岩、白岗岩、长英岩。黑云母花岗岩呈岩株状,其余呈岩墙、岩脉产出。长坡矿床产于东、西花岗斑岩脉之间。花岗岩侵入时间为91~107百万年\*,属燕山晚期。成矿活动与地层的岩性、构造和岩浆侵入有密切关系

### 成矿规律

本矿床处于大厂倒转背斜转折部位,由于轴向弯曲,受力最剧,裂隙、层间构造极为发育,加上适宜的岩层,给矿液流通和矿化创造了特别有利的条件,形成矿床分布的独特规律。

1. 构造控矿与空间分布规律 构造具有逐级控矿的规律。巨大的断裂是岩浆—矿液活动的有利通道;低级构造是矿液的储积场所。构造控矿在大厂地区尤其重要,因为本区地层多由渗透性较差的岩石组成(泥灰岩、扁豆状灰岩、硅质岩),裂隙也只限于某些有利构造部位和应力集中的地段。构造活动是成矿的基本条件和组成部分,它对各类型矿床都有一定的控制作用,而且影响到成矿的各个阶段。

矿床严格受构造控制。长坡倒转背斜及次一级隐伏短轴背斜,既控制了北东向裂隙矿脉,也控制了北西向层间和网状矿体,在北东向和北西向构造的复合部位往往形成富矿体。由于岩性和构造条件的差异,在同一应力作用下,宽度受到限制必然造成构造垂直分带,形成“四层楼”式的分布规律(图1)。

一层:裂隙大脉。围岩以泥灰岩、扁豆状灰岩为主,矿脉与围岩界线清晰,连续性较好且稳定,品位高,含锡2.01%,铅1.98%,锌8.29%,规模较小。裂隙单脉锡品位表现为上富下贫。

二层:细脉带矿体 大脉之间有细脉发育,

\*李璞等,地质科学,1963, No 1