

作者对各类岩石中镁铝含量比—— m 值的特征及其应用问题作过一些研究，也分析过俄罗斯地台太古代至中、新生代的泥质沉积物和变质沉积物的 m 值。发现太古代、晚元古代和中、新生代三组沉积物的 m 值非常接近（分别为15.5, 14.0, 15.2），而早元古代和古生代沉积物的 m 值比较接近（分别为24.8与27.0）。

沉积物的 m 值主要是反映沉积环境中水体的盐度和pH的特征。沉积环境中水体的盐度和pH高， m 值就比较大，反之则小。因为，干热的气候条件有利于提高水体中的盐度和pH，而湿冷的气候条件则相反。这些都是通过蒸发、降水、 CO_2 溶解等作用来实现的。所以 m 值的变化有时也能间接地反映出气候的变化特征。如柴达木盆地大别勒湖中的沉积物，用 m 值分析后便可根据咸化程度判断其形成过程中曾经历两次干旱期，且干旱期和湿润期交替出现。作者在研究太平洋美拉尼西亚海盆中两个岩芯样时，发现在距今12.7万年的沉积物中， m 值的变化特征与 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线所反映的冰期变化特征相吻合。

太古代以来的沉积物为研究者保留了许多可贵的信息。这些信息已逐渐被提取和认识。前寒武纪的全球性冰川活动及其所留下的冰成岩层为晚元古代的冷（或寒）提供了证据。古生代气候以干热为特征。中生代以后的海洋“变冷”、“变酸”、“变的不太碱性”，这些信息从不同角度表达了太古代以来的冷暖特征。

不难看出，太古代至中、新生代沉积物中 m 值的大小与各地史时期的气候冷暖有一定的对应关系。那么，根据 m 值的大小变化情况，是否预示着确实存在一个比冰期还要大一级的寒暑旋回呢？也就是说，从太古代算起，太古代—早元古代、晚元古代—古生代各成一个旋回，中生代以后是第三个旋回开始。根据通常所用的地史阶段年龄数据，这一级旋回大约是16亿年。

由上所述，古今地表冷暖确乎有序。但是，这最大一级的旋回是否存在，证据尚不充足。然而许多迹象表明，这一级旋回有存在的可能，有待于作进一步证实。

与花岗岩有关的大厂 Sn 多金属矿床：

硫化物化学和流体包裹体

M. Corazza, F. Corsini, P. Lattanzi

(意大利佛罗伦萨大学地学系)

G. Tanelli

(意大利那不勒斯大学地学系)

大厂矿区是中国第二个大的 Sn 产地，又是 Zn 、 Pb 、 Cu 和其它金属的重要原料基地。其中，长坡锡百多金属矿床和拉么 Zn-Cu 矽卡岩矿床是两个重要的矿山。在两处，矿体均呈似层状和透镜体状，可以认为是上部脉状矿化的根部。矿体的产出与上泥盆系沉积层及燕山期

(白垩纪)花岗岩体有关,后者侵入沉积岩并使其热变质。在拉么矿区热变质的不纯大理岩发生了强烈的矽卡岩交代作用。

以前的成因假说把矿化作用的成因归至于燕山期侵入作用有关的流体。近来提出了层控的同生成矿作用,被侵入作用改造和活化,它也许代表现在所见矿体的前身。

长坡矿区当前的采矿工程是在赋存于上泥盆系灰岩和泥灰岩中的脉状矿化地段进行的。我们研究了595m中段的脉状矿石样品和穿过564和508m中段灰岩中两个层状矿化带的DC95号钻孔的岩心样品。

拉么矿区最有经济价值的矿体是交代“简单矽卡岩”(即热变质不纯灰岩)的与“复杂矽卡岩”(透辉石、钙铁榴石、斧石、符山石、硅灰石)相共生的层状扁平矿体。层状矿体被晚期黄铁矿-闪锌矿-毒砂-萤石-菱锰矿脉所切。有小的脉状型矿化作用从层状矿石向其上盘岩石中扩展。我们研究了取自530m中段的层状和脉状两种矿化作用的样品。

1. 矿物组合和结构 在长坡和拉么矿区已发现了许多种硫化物和硫酸盐。在多数所研究的样品中,矿物的结构十分复杂并经常是含糊的。

在几乎所有的样品中,毒砂是在最早形成的矿物之一。黄铁矿也大多属于最早的结晶阶段,在所研究的样品中较为鲜见。六方和单斜的并经常交代成黄铁矿+白铁矿的磁黄铁矿是所研究样品中最为复杂的铁硫化物。闪锌矿呈典型的不规则集合体,常含磁黄铁矿和黄铜矿的包裹体。它大多晚于黄铁矿和毒砂,并明显地交代特别是毒砂。稀疏产出的互边结构说明毒砂和闪锌矿可能至少部分是同时形成的。闪锌矿和磁黄铁矿之间的结构关系特别复杂,但是在大多数样品中这两个矿物在某种程度上显示出同时形成。黝锡矿在主要取自长坡的个别薄片可见,且几乎无例外地与闪锌矿共生,两者形成互生,可解释为出溶,或形成互边结构,说明两者近同时的结晶作用。黄铜矿呈细小包裹体散见于闪锌矿中,但它在所研究的样品中是少量矿物,它在矿物共生序列中呈典型的晚期矿物出现。其它较少见的、多数是晚期矿物,从光片中见到有方铅矿、黝铜矿和其它的硫酸盐、辉锑矿、锡石、赤铁矿和磁铁矿。

2. 闪锌矿和毒砂的成分 用电子探针测定了毒砂和闪锌矿的成分。毒砂中Cu、Ni、Co和Sb的含量均低于0.5%重量;闪锌矿中的Cd和Mn也如此,只个别样品中的Mn例外。因此在下面的进一步的讨论将只限于毒砂的As-Fe-S体系和闪锌矿物的Fe-Zn-S体系。

长坡矿区层状矿体中毒砂的成分变化范围相当大,显然与深度及矿物组合无关,而且在光片内其成分十分均一。闪锌矿的成分在光片中甚至整个钻孔深度范围内都十分均一(所有样品的FeS平均含量为 $20.2 \pm 1.0\%$ mol)。在脉状矿化的样品CP1中,毒砂的As含量平均为32.8% (原子),而闪锌矿中的FeS含量稍有变化,从10.6到18.5 (分子)。

拉么矿区取自层状矿体的样品中,铁硫化物为磁黄铁矿,闪锌矿的FeS含量相对较均一,平均为 $20.8 \pm 1.7\%$ (分子)而毒砂的As含量则稍有变化,从约33到约34.5% (原子)。在晚期脉状样品和脉状矿石样品中,黄铁矿替代磁黄铁矿出现,闪锌矿中的FeS含量较低并变化大,而毒砂中的As含量也较低(约31%原子)。

3. 流体包裹体和闪锌矿-黝锡矿地质温度计 对长坡和拉么矿区若干样品的双抛光薄片进行了流体包裹体研究。可惜只在两个拉么样品的晚期石英和萤石中找到流体包裹体可以进行有意义的显微测温工作。闪锌矿一般都太暗难以进行流体包裹体的观察和测量,与硫化物共生的透明矿物多数太细小很少有可用的包裹体。

现将大厂矿区已有的锡多金属矿化流体包裹体资料综合如表1。

表 1 大厂矿区Sn多金属矿化的流体包裹体资料综合

矿 区	矿 物	流体包裹体爆裂温度 (°C)			
		范 围		平 均	
长坡矿区	层状矿石: 黄铁矿	340—390		370	
	闪锌矿	260—350		305	
	脉状矿石: 黄铁矿	180—330		278	
	闪锌矿	160—250		208	
拉么矿区	矿 物	均一温度 (°C)		盐度 (NaCl wt %)	
		范 围	平 均	范 围	平 均
	石 英	208—276	243	~0—4.6	3.2
	萤 石	162—256	207	~0—9.5	6.0
大** 厂 矿 田	Cu-Zn砂卡岩: 均一温度296—423 °C				
	Zn砂卡岩: 均一温度273—418 °C				
	锡石硫化物矿石: 均一温度 (平均) 273 °C				

• 引自Lei, 1986.

• • 引自Zhang等, 1981.

Nakamura和Shima地质温度计是根据共生的闪锌矿和黝锡矿之间的Fe和Zn的分配关系。利用这一地质温度计对长坡两个样品计算的温度为310和340°C。

4. 讨论和结论 地质证据和闪锌矿成分一致说明压力推测是相对较低的。燕山期岩浆岩的晚造山侵入作用是影响本区的最后一个重要的地质事件。从成矿作用的地质背景考虑, 在白垩纪时矿化地段的上覆沉积层不可能超过几公里。大致为1kbar的压力也与和磁黄铁矿或黄铁矿处于表观平衡的两个闪锌矿样品的FeS含量相符。

在所研究的样品中, 光片内的矿物组合而不是样品的产状和位置, 对毒砂和闪锌矿的成分起主要控制作用, 它们分别与Fe-As-S体系和Fe-Zn-S体系的平衡相关系中所期望的相一致。特别是在与黄铁矿共生时, 闪锌矿显示出比与磁黄铁矿共生时更低和更多变的FeS含量; 与磁黄铁矿共生的毒砂比与黄铁矿共生的毒砂有较高的As含量(33到36原子%, 样品DC95/27例外)。

毒砂是共生顺序中最早的金属矿物。在与磁黄铁矿共生时, 它的高As含量表明高温和/或环境的低 a_{s_2} 条件。尤其是最富As的成分(在样品DC95/2和DC95/23中平均为35.3原子%, 单个分析点的最大值为36.0原子%)要求温度不低于500°C(图1), 这对于所给的地质条件来说(岩浆体的侵入, 热变质作用和砂卡岩的形成)不显得不合理。在也出现黄铁矿的样品中, 毒砂的富As程度较低, 并且有时在共生顺序中也较晚; 这两种情况是与较低的沉淀温度和/或硫活度的增高相容的。

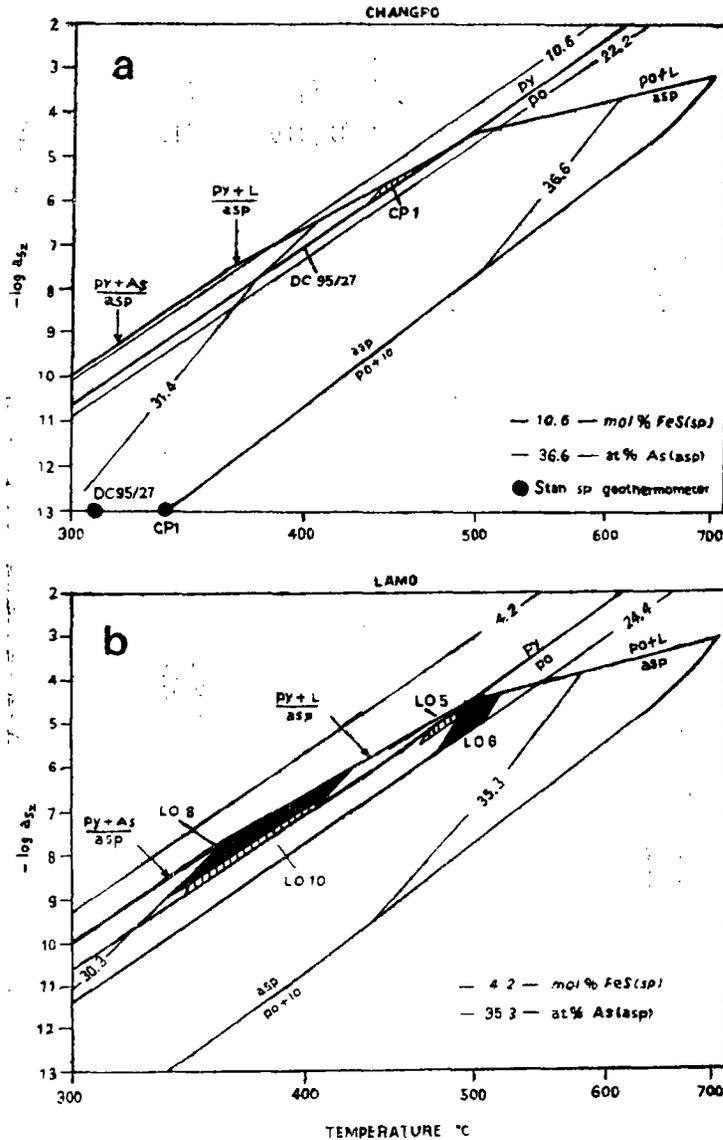


图1 低压硫活度—温度图

表示长坡矿区 (a) 和拉么矿区 (b) 样品中闪锌矿和毒砂等值线的重叠区。在所有的其它样品中，由闪锌矿中的 FeS 含量及毒砂中的 As 含量所限定的硫活度—温度范围从不重叠。

对我们的样品来说一般不可能借综合毒砂和闪锌矿的成分得出温度和硫活度的单义的估计。从结构上说，毒砂比闪锌矿几乎不变地显示属于不同的通常是较早的结晶作用阶段。

那种毒砂一般并不与共存的闪锌矿处于化学的平衡；这从图 2 的 (a) 和 (b) 中可以清楚地看出。从 17 个所分析的闪锌矿—毒砂矿物对中，只有分别由闪锌矿的 FeS 含量及毒砂的 As 含量所限定的 a_{s_2} -T 场存在着重叠。此外，样品 DC95/27 和 CP1 中计算的闪锌矿—黝锡矿温度则显著地低于相同样品中闪锌矿和毒砂间的平衡所要求的温度，也就是说闪锌矿是在共

生的毒砂不能再稳定的条件中形成的或至少是成为重新平衡的矿物。

拉么矿区的LO8号样或许是唯一的样品，其中毒砂和闪锌矿的成分可以确信地用来估计环境的物理化学条件，由于矿物间的结构关系不排除两种硫化物（和黄铁矿？）之间的平衡。相对应的温度和 a_{S_2} 范围分别为340℃到410℃和 $10^{-6.60}$ 到 $10^{-9.00}$ （图2b）。

黝锡矿-闪锌矿地质温度计表明，在长坡矿区层状和脉状矿石中，这些硫化物的沉淀或者至少是重新平衡的温度是在300℃的范围上下

有关黄铁矿和闪锌矿形成温度范围的另外的根据，来自长坡矿区的包裹体的爆裂温度（表1）和拉么矿区的石英中的原生（？）包裹体和萤石中的次生包裹体的均一温度（分别为200—260℃左右和160—250℃左右），两者都假定地提及与闪锌矿的沉淀有关的环境的较晚期演化；考虑可能是低压的条件，我们省略了对流体包裹体均一温度的压力校正。

在两个矿区中，单斜磁黄铁矿及其六方多型的广泛出现说明至少在晚阶段，温度下降到单斜磁黄铁矿稳定的上限250℃以下；矿物形成过程的最终阶段所特征的 a_{S_2}/T 条件是磁黄铁矿不再稳定并经受广泛的交代作用变成黄铁矿/白铁矿。

因此，在燕山期事件中，长坡和拉么矿区成矿环境演化的初步的总体轮廓如下：

（1）长坡矿区：毒砂通常是最先形成的硫化物，生成或至少重结晶于高达500℃的温度和大多比黄铁矿/磁黄铁矿平衡线低的 a_{S_2} 条件；十分稀少的黄铁矿可能形成于高达370℃的温度条件；闪锌矿（±黝锡矿）和六方磁黄铁矿多数形成于晚期阶段，温度300℃左右。

（2）拉么矿区：在砂卡岩中毒砂不总是最早形成的硫化物矿物，并且其较低的As含量可能比长坡层状矿石更低的温度；至少在一个样品中，有标志说明毒砂和闪锌矿可能形成或重新平衡于340—410℃之间，硫活度为 $10^{-6.5}$ 到 $10^{-9.5}$ 之间。另外，闪锌矿形成的温度下限可能在200—250℃左右。

所研究的所有类型的成矿作用的共同特点是：

- （1）压力条件较低；
- （2）闪锌矿和毒砂的成分变化趋向与它们和黄铁矿或磁黄铁矿分别共生的情况是广泛一致的，说明该硫化物既是有效的缓冲剂又是环境的 a_{S_2} 条件的可靠的指示剂；
- （3）在最晚阶段，温度降至250℃以下，最终磁黄铁矿变得不稳定，甚至在形成于较早阶段的那些样品中也如此。

东濮凹陷胡状集油田

下第三系沉积研究

姜在兴 赵激林 刘孟慧

（中国石油大学）

东濮凹陷西部的胡状集油田，西邻内黄隆起，东以柳屯—海通集洼陷与中央隆起带隔注相望，南、北分别与庆祖集和马寨构造接壤。