

浙江东南地区层状铅锌矿床 之成因探讨

魏元柏

(南京大学地球科学系)

提 要 通过对浙东南地区层状铅锌矿床之成矿地质背景、矿床地质特征及成矿物质来源的研究,指出本区层状铅锌矿床的形成,经历了三个成矿阶段:1. 沉积成矿阶段,形成了矿源层及部分硫化物;2. 火山气液或(和)火山热泉的改造成矿阶段,它促使矿源层进一步发展成为矿层;3. 火山期后热液成矿阶段,该阶段对已形成之矿体作了些轻微的改造,并形成了少量的脉状矿体。从成矿条件、成矿物质来源及稳定同位素特征来看,本类矿床应属沉积—叠加型层控矿床。

关键词 矿床成因 层状铅锌矿床 浙东南地区

浙东南沿海地区,除了大量的脉状铅(银)矿床外,尚有一些层状铅锌矿床(图1)。尽管这些层状矿床,在本区处于相对次要的地位,但它对研究火山作用与矿产的关系、火山岩地区的找矿勘探等均具有一定的意义。

本文将以青田洪岩头(孙坑)和临海龙珠山这二个最有代表性的层状铅锌矿床为例,从成矿地质背景和矿床地质特征出发,讨论其成因类型。

1 成矿地质背景

1.1 火山构造特征

早白垩世(122~116Ma)本区火山活动达到鼎盛时期,形成了巨厚的第一旋回火山岩系(杜杨松1989),出现了一些火山穹窿。此后,由于NE至NNE向的镇海—温州区域性深大断裂的影响,加之火山穹窿放射状断裂的发育,使得一些穹窿间的地块不断下降,形成了火山—沉积盆地,后期火山活动,使盆地内又沉积了第二旋回的火山岩系。本区层状铅锌矿床即产于这些火山—沉积盆地内的第二旋回火山岩系中,如临海龙珠山铅锌矿即产于北雁荡山复活隆起火山洼地之东北端的临海—三门火山—沉积盆地内。

1.2 岩石学特征

与本区层状矿床之形成关系最密切的地层为朝川组下部(K_2^{1-1}),根据岩性,它又可分为四个岩性段,现分述于下:

(4)流纹质玻屑凝灰岩夹角砾凝灰岩。厚度>2.0米。

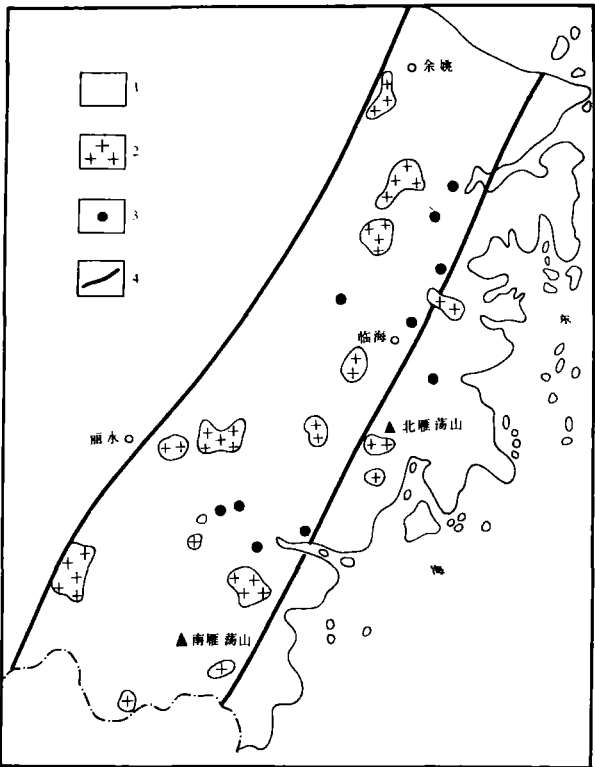
(3)凝灰质粉砂岩。厚度1.5~4.0米。

(2)凝灰质、钙质泥岩、粉砂岩夹透镜状灰岩,厚度10~15米。

(1)流纹质晶屑凝灰岩。厚度>2.0米。

第二岩性段是区内最主要的含矿地层,如青田附近的洪岩头、孙坑、金竹坑、东山、里岩墙一带14km 范围内,均在第二岩性段内发现 Pb—Zn 矿层或矿化点。从岩性特征上看,第二岩性段以湖相火山碎屑沉积岩为主,而其它岩性段则以正常的火山碎屑岩为主。

从矿区外围未遭受蚀变的第一到第三这三个岩性段的 Pb、Zn 元素含量分析来看(表1)第二岩性段的 Pb、Zn 含量均很高,这表明,在沉积成岩过程中,本岩性段内的 Pb、Zn 元素就已初步富集。矿体附近之硅化带、矽卡岩化带的 Pb、Zn 含量较未遭受蚀变者明显降低,尤其是第二岩性段,降低约一个数量级,这清楚地表明:第二岩性段,在层状铅锌矿床之形成过程中,提供了较多的成矿元素,结合矿床地质特征和稳定同位素的分析,可以认为,该岩性段是层状铅锌矿床之矿源层。



图例说明:1. 火山岩分布区 2. 次火山岩分布区 3. 层状铅锌矿床 4. 断裂

图1 浙东南沿海地区中生代火山岩系及层状铅锌矿床分布略图(据浙江区域地质志改绘)

Fig. 1 Geological sketch map showing the distribution of strati-form Pb-Zn deposits and the Mesozoic volcanics in the coastal aera of Southeastern Zhejiang province.

表1 蚀变岩与原岩的铅锌含量对比表(ppm)

Table 1 Comparisons between altered rock and primary rock showing their contents of lead-zinc.

岩 石 名 称		样品数	Pb	Zn
原 岩	第一岩性段:流纹质晶屑凝灰岩	10	71	56
	第二岩性段:凝灰质、钙质泥岩、粉砂岩夹灰岩	10	1350	607
	第三岩性段:凝灰质粉砂岩	10	168	93
蚀变岩	硅化带	10	114	53
	矽卡岩化带	10	125	59

南京大学地科系中心实验室测试

(据龙珠山和洪岩头资料汇总)

2 矿床地质特征

2.1 矿体形态

本区层状铅锌矿床皆产于火山—沉积盆地的湖相火山碎屑沉积岩中,严格受层位和岩性的控制,矿体分布在钙质、凝灰质泥岩,粉砂岩中,一般可分为4—5层(图2);矿体形态为简单的层状、似层状夹少量透镜状,矿体产状与岩层产状基本一致,二者同步褶皱或挠曲(图3)。

2.2 矿物成分

本区层状铅锌矿床,其矿石矿物主要是闪锌矿、方铅矿、磁黄铁矿、黄铁矿和磁铁矿,少量黄铜矿和赤铁矿;脉石矿物主要是石英、方解石、钙铁榴石、钙铝榴石、透辉石、黑柱石、绿帘石和绿泥石。

主要金属矿物的产出特征为:

闪锌矿:以他形或半自形粒状集合体形式出现,以深色闪锌矿为主,兼有少量浅棕色闪锌矿,粒度均在 $0.05\sim 0.8\text{mm}$ 之间。主要分为三个世代:Ⅰ,棕褐色闪锌矿,其内基本没有出溶产物,几无双晶,多被绿帘石、石英等交代;Ⅱ,

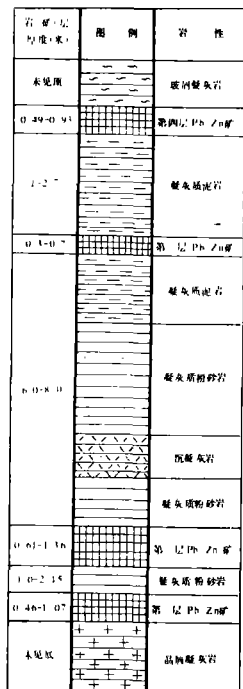
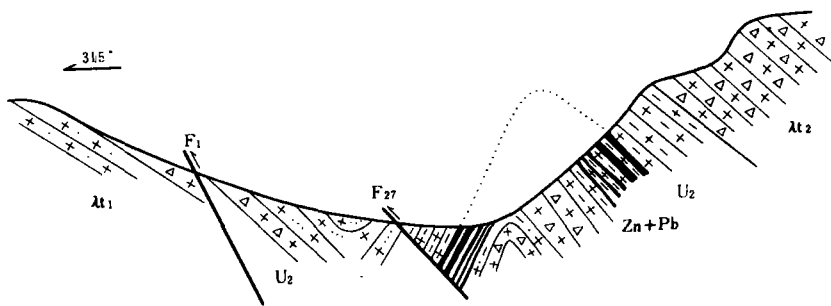


图2 孙坑矿区含矿地层柱状图
(据浙江第十一地质大队二分队资料改绘)

Stratigraphic column of the Sunkeng mining area



图例说明: λ_{t1} -凝灰质角砾岩 U_2 -凝灰质粉砂岩, 钙质泥岩夹角砾岩 λ_{t2} -凝灰质角砾岩夹凝灰岩

图3 龙珠山铋矿床地质剖面图(据浙江第十一地质大队资料改绘)

Fig. 3 Geologic section in Longzhushan Zn ore deposit.

交代黄铁矿及沿石榴子石粒间分布的棕黑色闪锌矿,其内有较多的呈滴状、星点状沿闪锌矿解理分布的黄铜矿和磁黄铁矿出溶;Ⅲ,浅棕色、黄绿色闪锌矿,主要沿早先形成的矿物之裂隙、

粒间分布,其量相对较少。

方铅矿:它在本区层状矿床中分布不均匀,如孙坑矿区含量相对较多,而在龙珠山矿区则较少。本区方铅矿的形成时间相对较早,与第一世代的闪锌矿共生,多被后期闪锌矿交代,呈交代残余结构,其颗粒多在0.1mm左右。

磁黄铁矿:主要产于矿体之中下部,以致密块状和不规则粒状集合体形式出现,粒径大小为0.05~0.09mm之间,主要分为二个世代,第一世代主要以致密块状形式产出,第二世代主要以他形粒状集合体形式产出,常常交代早先形成之黄铁矿、闪锌矿等矿物;它们分别与Ⅰ、Ⅱ二个世代的闪锌矿共生,x射线衍射表明,皆为单斜磁黄铁矿(图4)。

黄铁矿:粒径在0.08~0.5mm之间,主要分为二个世代:Ⅰ、多呈碎裂状,被闪锌矿、磁黄铁矿、绿帘石等强烈交代,熔蚀、穿孔、港湾状现象非常普遍;Ⅱ、以自形、半自形的粒状为主,基本上未被其它矿物所交代。

磁铁矿:主要分布于矿体之中上部,粒径多在0.08mm左右,主要以自形、半自形粒状集合体形式产于闪锌矿、石榴子石边缘或交代早先形成之矿物,它可分成三个世代:Ⅰ、常呈束状、片状,与第Ⅰ世代闪锌矿密切共生,粒度相对较细;Ⅱ、以自形、半自形单晶和集合体形式出现,交代早先形成的闪锌矿等矿物,与石榴子石密切共生;Ⅲ、主要分布在断裂附近,呈放射状集合体产于早先形成的矿物之粒间或石榴子石等矿物之边缘,系后期热液交代充填之产物。

本区层状铅锌矿床之矿物生成顺序见表2。

本区层状铅锌矿床中,矿物的垂直分带现象相对较为明显,一般深部黄铁矿、磁黄铁矿较为富集,浅部则磁黄铁矿急剧减少,而磁铁矿相对较多;水平方向的分带性不明显,仅表现为,在火山—沉积盆地的不同部位,在同一地层层位中,形成了不同种类的矿床或矿化点,如龙珠山地区,由盆地的西南向东北,即由盆地的中部向边缘形成了Cu→Zn→Fe的矿种演化格局(图5),表现为矿物从硫化物相向氧化物相过渡。

层状矿床中,亦有少量由后期热液所形成的脉状矿体,其金属矿物成分中不存在磁黄铁矿,且出现了大量的、粒径较为粗大的(0.6~1.5mm)方铅矿,这与本区层状铅锌矿床与脉状矿床在矿物共生组合方面的差异完全吻合。

2.3 矿石结构构造

矿石结构主要有半自形—他形粒状结构、交代残余结构及固溶体分解结构。

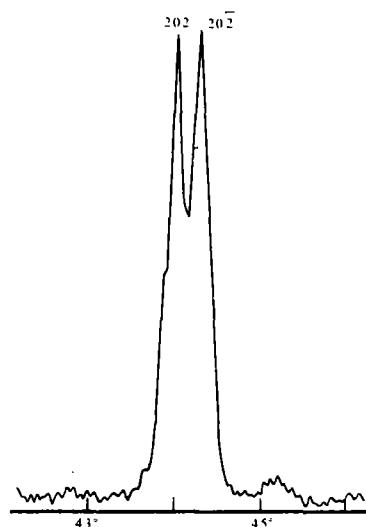


图4 浙东南地区层状铅锌矿床中磁黄铁矿x射线衍射曲线

Cu靶:由南京大学地球科学系中心实验室测试

Fig. 4 Curve of X-ray diffraction analyse of pyrrhotite from stratiform Pb-Zn deposits in Southeastern Zhejiang province.

表2 浙东南地区层状铅锌矿床矿物生成顺序

Table 2 Formation sequence of minerals in the stratiform Pb-Zn deposits of Southeastern Zhejiang province

矿物名称 \ 成矿阶段 生成顺序	沉积(含火山热泉 沉积)成矿阶段	火山气流或(和)火山 热泉改造阶段	火山热液叠加阶段
石 英	——	——	——
方解石	——	——	——
闪锌矿	——	——	——
方铅矿	——	——	——
黄铁矿	——	——	——
磁黄铁矿	——	——	
磁铁矿	——	——	
赤铁矿	——	——	
黑柱石	——	——	
钙铝榴石		——	
钙铁榴石		——	
透辉石		——	
绿帘石		——	——
绿泥石		——	——

矿石构造主要有层纹状、揉皱状、条带状等,局部为浸染状和细脉浸染状构造,而本区的脉状铅锌矿床则以块状和角砾状构造为主。

2.4 围岩蚀变

本区层状矿床之近矿围岩普遍发育有较为强烈的蚀变,其主要蚀变型为矽卡岩化、绿泥石化、硅化及碳酸盐化,它们在近矿体之顶底板岩石中呈有规律地对称分布,从矿体两侧向外,一般表现为硅化、碳酸盐化带—矽卡岩化带—绿泥石化带。需要指出的是,这里的矽卡岩化与岩体的关系不密切,在一些岩体或岩脉的接触处未见有矽卡岩化增强的现象,岩体周围的矽卡岩化分带不明显。如孙坑矿区洪岩头矿段的花岗斑岩附近、龙珠山矿床的石英霏细斑岩附近,均未出现矽卡岩化增强的现象,因此,这些蚀变主要是由火山气液或(和)火山热泉对已固结或正在固结的沉积物发生作用和后期的火山热液交代作用所致,其中火山气液或(和)火山热泉的作用对本类矿床的形成具有十分重要的意义。

3 矿床成因初探

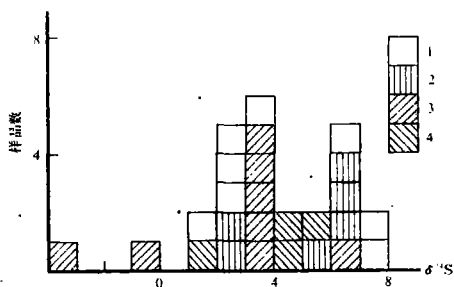
3.1 成矿温度

本区层状铅锌矿床的成矿温度(表3)表明,在整个成矿过程中,其成矿温度经历了由低到高再到低的过程。第二世代的磁黄铁矿之X射线衍射表明,其 d_{102} 为2.0586,依R·A·Yund和

H. T. Hall(1969)之换算关系,得其 Fe 原子含量为 46.67%,据 Von·Gehlen(1963)的资料,得其形成温度为 $300 \pm ^\circ\text{C}$ 。本区层状矿床中,早期形成之矿物普遍地具熔蚀交代现象,第二世代的闪锌矿多有出溶物,这些都是本类矿床之矿化出现过较高温度之佐证。

3.2 成矿物质来源

本类矿床中硫化物的硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 变化于 $-3.40 \sim 7.87\%$ 之间,其频率直方图(图6)表明,塔式分布不很明显,而具有弱的波浪式分布,这说明其硫同位素具有较弱的均一化现象;铅同位素组成(表4)表明:其 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 变化都不大,但单阶段模式年龄变化较大,有与围岩时代相近者,亦有明显老于围岩者,计算所得之 μ 值表明,其铅源有一部分来自地幔或(和)下部地壳($\mu < 9.58$),有一部分则来自上部地壳($\mu > 9.58$),它们在 Zartman(1974)铅构造模式图解上的投影(图7)表明,基本沿造山带铅演化曲线分布;本类矿床之碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 为 $-3.10 \sim 6.49\%$ 。

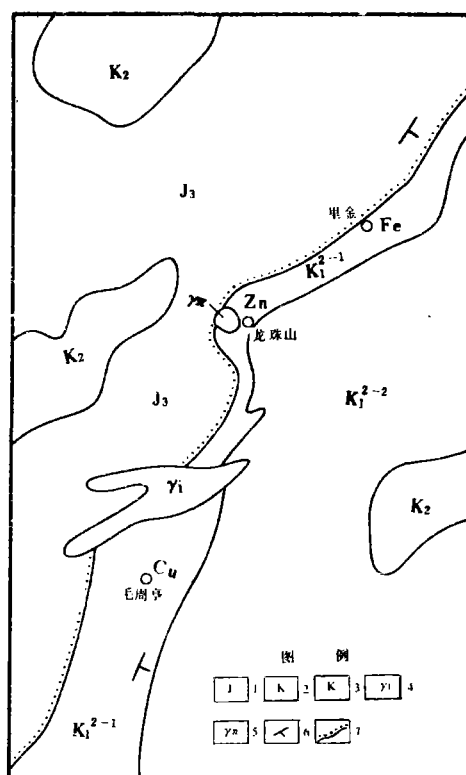


图例说明:1. 黄铁矿 2. 闪锌矿 3. 方铅矿 4. 磁黄铁矿

图6 浙东南地区层状铅锌矿床硫同位素组成频率直方图

Fig. 6 Frequency histogram of $\delta^{34}\text{S}$ of layered Pb-Zn ore deposits in southeastern Zhejiang province.

带铅,部分碳除来自深部,尚有部分来源于盆地的陆源化学沉积物。结合矿床地质特征,我们认为,本类矿床之成矿物质主要来源于二个方面:a. 赋存于早期形成的火山岩中之成矿物质,在



图例说明:1. 磨石山组 2. 朝川组 3. 塘上组 4. 黑云母花岗岩 5. 花岗斑岩 6. 地层产状 7. 不整合接触

图5 龙珠山盆地地质矿产略图

(据浙江第十一地质大队资料改绘)

Fig. 5 Sketch map of geology and distribution of ore deposits in Longzhushan depression.

对上述稳定同位素的系统研究表明①:本区层状铅锌矿床之硫源与本区中生代火山岩系的成岩物质来源一致,即主要属深部硫;铅则主要由于火山作用及沉积作用、火山气液或(和)火山热泉的改造作用,使不同来源的铅能够充分混合,形成了较为均一的造山带

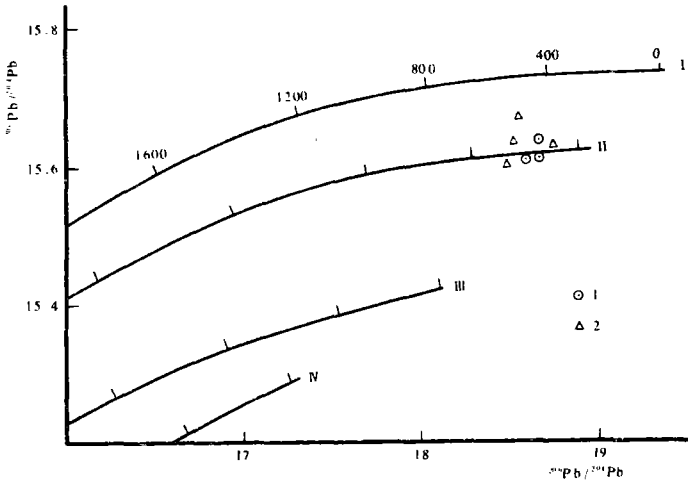
① 魏元柏,浙东南地区脉状和层状铅锌(银)矿床的稳定同位素研究,待刊

被火山气体污染的大气和雨水的共同作用下,活化迁移至盆地沉积;b. 火山气液或(和)火山热泉携带的成矿物质。

3.3 矿床成因

本区火山—沉积盆地的周围皆为第一旋回之火山岩系,这些岩系中的 Pb、Zn 含量皆远远高于维氏平均值(陈克荣等,1989),在火山作用时期,大气中往往有火山气体的加入,实验表明,无论何种岩石,在有火山气体污染的酸性雨水作用下,元素浸出强度都普遍大幅度地提高(涂光炽等,1984),因此,盆地周围之火山岩系中的成矿元素,在酸性雨水的作用

下,而被活化迁移至盆地,进入未固结的沉积物中;在沉积成岩过程中,由于压溶及其水化学反应或(和)火山热泉等的作用,成矿元素发生进一步的富集,使火山碎屑沉积岩(钙质泥岩、凝灰质粉砂岩)发展为矿源层,同时形成了部分硫化物。



例说明:1. 孙坑矿区 2. 龙珠山矿床 I - 土地壳 II - 造山带 III - 地幔 IV - 下地壳
图7 浙东南地区层状铅锌矿床之铅同位素投影(据 Zartman1974)
Fig. 7 ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb—²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb diagram of stratiform Pb-Zn deposits of Southeastern Zhejiang province.

表3 浙东南地区层状铅锌矿床之成矿温度

Table 3 Temperature data of stratiform Pb-Zn deposits in southeastern Zhejiang province

成矿阶段	成 矿 温 度 (℃)			
	孙 坑 矿 区		龙 珠 山 矿 区	
	均一法*	硫同位素平衡法	均一法*	硫同位素平衡法
沉积成矿阶段	136	124	138、142	152
火山气液自变质阶段	270、360、380	350	221、323	241、420
火山热液改造阶段	250	186	220	

说明:硫同位素测温系采用黄铁矿—闪锌矿共生矿物对法,以 $T = \frac{(0.55 \pm 0.04) \times 10^3}{\Delta \frac{1}{2}}$ 计算而得(据 H. Ohmoto 和 R. O. Rye, 1979)

* 未经压力校正

表4 浙东南地区层状铅锌矿床中方铅矿的铅同位素组成

Table 4 Lead isotope compositions of galena of stratiform Pb-Zn deposits in southeastern Zhejiang province

矿 区	样 号	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$t_p(\text{Ma})$	μ
孙坑	WX04-2-2	18.5048	15.5921	38.7971	83.17	9.43
	WX03-2	18.5185	15.5999	38.8074	83.17	9.45
坑	WX02-2	18.5185	15.6148	38.8370	102.59	9.48
龙 珠 山	22-01A	18.361	15.617	38.660	219.6	9.14
	23-03	18.549	15.602	38.633	62.89	9.59
	龙66*	18.338	15.590	38.588	207	9.45
	龙53*	18.435	15.702	38.974	266	9.65

* 据朱韶华等(1987),其余由北京铀矿地质研究所测试。

计算中的参数据 B. R. Doe (1974)

本区的地质环境、矿石矿物的结构构造及稳定同位素的研究均表明,成矿过程中的生物作用很小,因此,本类矿床之形成主要是沉积成岩以后的火山气液或(和)火山热泉对已形成的矿源层发生作用所致。这些火山气液或(和)火山热泉,一方面带来了部分成矿元素;另一方面,使围岩发生强烈蚀变,使成矿元素发生进一步的活化转移,同时造就了适合大量 Pb、Zn 元素形成硫化物的物理化学条件。

由于 Pb 位于周期表中第六周期,ⅣA 族,Zn 位于第四周期 ⅡB 族,这就决定了它们的地球化学性质有许多差异,如 Pb 的大多数无机化合物在水中的溶解度较相应 Zn 的要小得多,因而 Zn 的迁移能力较 Pb 为大(涂光炽等1984),这就造成了有的矿床以 Zn 为主,如临海龙珠山锌矿床。同时又由于它们的外层离子构型相似,Pb²⁺为18+2,Zn²⁺为18,从配位场理论来看,这种构型的离子具有较大的附加极化性能和变型性,这又使 Pb²⁺、Zn²⁺在地球化学性质方面具有许多共性,因此,有些矿床出现了 Pb、Zn 共生,如青田孙坑矿区。当然这还取决于成矿的地质条件。

中生代,由于火山活动的影响,本区处于一个较为“动荡”的环境,火山喷发间隙期短,“宁静”的时间不长,盆地内沉积物厚度相对较小,因而,本区层状矿床之规模一般不大。

综上所述,本区层状矿床的成矿过程经历了三个阶段:a. 沉积成矿阶段,主要形成了矿源层和部分硫化物;b. 火山气液或(和)火山热泉成矿阶段,它促使成矿元素发生进一步的富集,使已形成的矿源层进一步发展为矿层;c. 火山期后热液阶段,该阶段对已形成的矿层作了些轻微的改造,并在部分矿床内形成了少量的脉状矿体。因此本类矿床应属沉积—叠加型矿床,即沉积作用所形成的矿源层,受到岩浆气液或(和)火山热泉的影响而形成的层控矿床。

工作中,得到了陈武、陈克荣二位教授的悉心指导,图件由郑意春同志清绘,作者谨致衷心谢忱。

参考文献

- 1 杜杨松等,浙东南沿海中生代火山—侵入杂岩,地质出版社,1989,1~24
- 2 涂光炽等,中国层控矿床地球化学,第一卷,科学出版社,1984,13~128
- 3 陈克荣等,浙江东南沿海地区中生代火山作用与 Pb—Zn—Ag 的成矿关系,地质找矿论丛,4(2)1989,18~27
- 4 Arnold R G, Pyrrhotite phase relations below $304\pm 6^\circ\text{C}$ at ≤ 1 atm total pressure, Econ. Geol., vol. 64, 1969, 405~419

ON THE GENESIS OF THE STRATAFORM Pb-Zn ORE DEPOSITS IN THE SOUTHEASTERN ZHEJIANG PROVINCE

Wei Yuan-bai

(Department of Earth Sciences, Nanjing University)

Abstract

This paper deals with investigations on the background, characteric features and source material of the strataform Pb-Zn ore deposits in the Southeast Zhejiang Province. Three metallogenic stages are revealed i. e. (1) Sedimentary stage during which the ore source bed and some sulfides were formed; (2) Volcanic exhalative and hot spring stage during which the source bed was reworked and some ore horizons took their shapes; (3) post volcano hydrothermal fluid stage during which some ore veins were formed.