

陆相火山岩中银矿床的地质特征与成矿作用

林 枫

(冶金部第三地质勘查局·太原市)

本文概述了陆相火山岩的特点, 论述了陆相火山岩中银矿床的共同特征, 并从岩石化学成分, 硫、铅同位素, 成矿温度及碳、氧同位素等方面推论其成矿作用。

关键词: 陆相火山岩; 银矿床; 成矿作用



陆相火山岩的特点

陆相火山岩系指在大陆环境中喷发、沉积的火山岩类。其主要特点是相变大, 岩性不稳定, 往往由厚度较大的熔岩、凝灰岩、熔结凝灰岩及角砾岩组成。它和海相火山岩的区别是, 没有海相火山岩所特有的枕状构造, 而常见与湖盆—沼泽相有关的豆状结构。在共生的沉积层中可有植物化石、淡水动物化石、硅化木, 以及特征性的火山喷出物, 如火山弹、火山泥球等。更重要的是它有一种特殊的火山灰流, 称之为“熔结凝灰岩”, 是由炽热的火山灰流与从空中落下的火山碎屑物在沉积盆地中熔结而成。其中含有大量晶屑、玻屑和岩屑, 尤其是特有的浆屑, 可作为鉴别标志。从化学成分看, 陆相火山岩 K_2O 含量偏高, K_2O/Na_2O 常 >1 ; 而海相火山岩钠化普遍, K_2O/Na_2O 常 <1 。又由于陆相火山岩氧化作用较强, 致使 $Fe_2O_3 > FeO$, 而海相火山岩则相反。此外, 陆相火山岩附近还伴有次火山岩, 这在海相火山岩中并不多见。从分布范围来看, 陆相火山岩多局限于内陆盆地, 其规模要比海相火山岩小, 但赋存其中的矿床规模却不一定小,

而且矿床种类也多, 所以不容忽视。

陆相火山岩银矿床地质特征

陆相火山岩型银矿床是世界上最重要的银矿类型, 目前世界上已知 12 个万吨级的银矿床中有 7 个属于此类。它主要分布于环太平洋成矿带中, 发育于偏大陆一侧。主要容矿火山岩是中酸性火山岩、火山碎屑岩及次火山岩。成矿时代以早第三纪为主, 其次是中生代 (燕山期)。其共同特征是:

1. 矿床都分布于大陆边缘火山断裂带或陆相火山断陷盆地中, 赋存于隆起与断陷边部。例如, 美国内华达州的银峰矿区就是一个与破火山口洼地有关的银矿床 (图 1)。其中心部位为很厚的安粗岩, 四周为比安粗岩老的安山岩和流纹岩。沿破火山口四周分布有含银 (主要是辉银矿)、重晶石和方解石脉群。破火山口东边的脉群走向北东, 西边的脉群走向北西, 都向破火山口中心倾斜, 形成一个破火山口洼地构造。

另一个例子是托诺帕矿区, 它位于一个穹窿构造的西北侧, 中心部分为第三纪破碎角砾岩和凝灰岩, 外围为中新世流纹岩、石英安粗岩和凝灰岩。沿火山岩丘有断裂及蚀变带发育, 矿体呈脉状 (图 2)。该矿是美

国单一银矿床中品位最富的，开采品位达615g/t。

我国浙东南一些陆相火山岩中的银铅锌矿床，如天台大岭口、五部、龙珠山等，均分布在天台火山断陷盆地的边缘，含矿岩系主要为晚侏罗世和白垩纪的酸—中酸性火山

碎屑岩类，沿南北向断裂带有流纹斑岩、霏细斑岩等酸性火山岩呈岩墙、岩脉或小岩体侵入（图3）。

又如华北地台北部的一些陆相火山岩中的银、金矿床，银多金属矿床，如河北丰宁牛圈、沽源蔡家营子和山西灵邱支家地等，

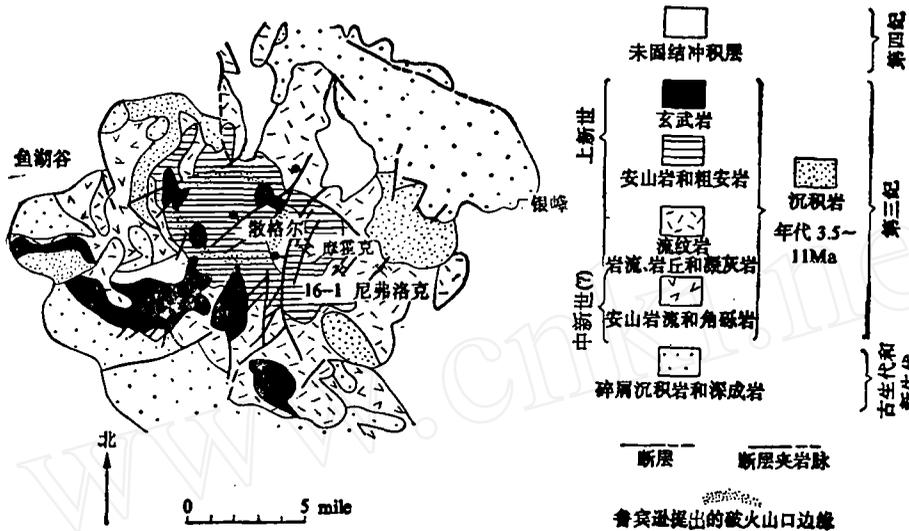


图1 银峰山脉地质示意图

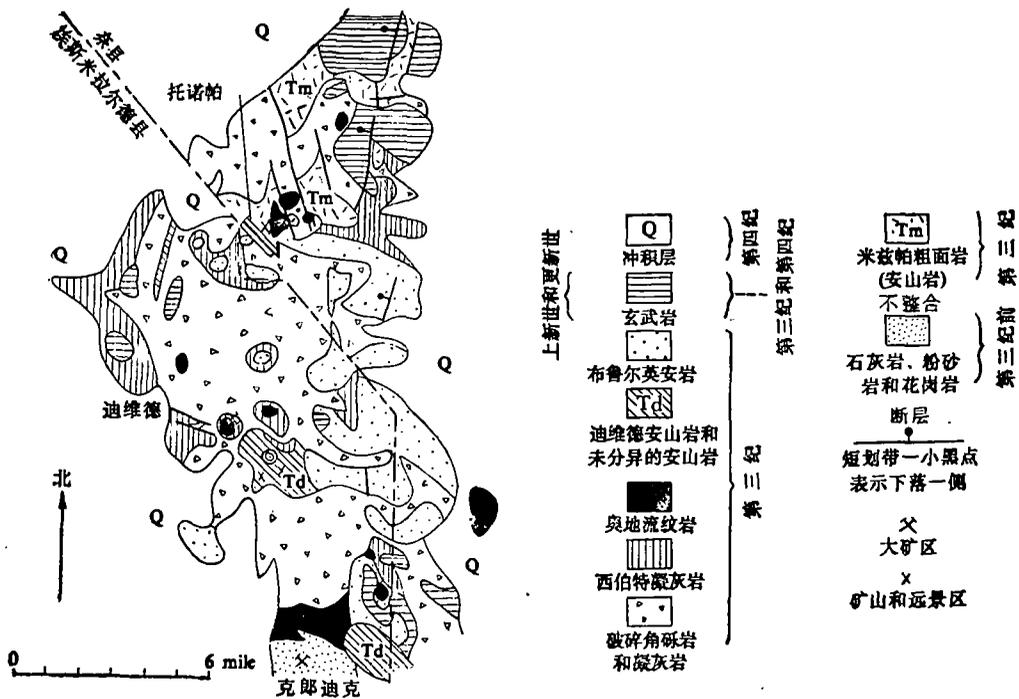


图2 托诺帕银矿区地质示意图

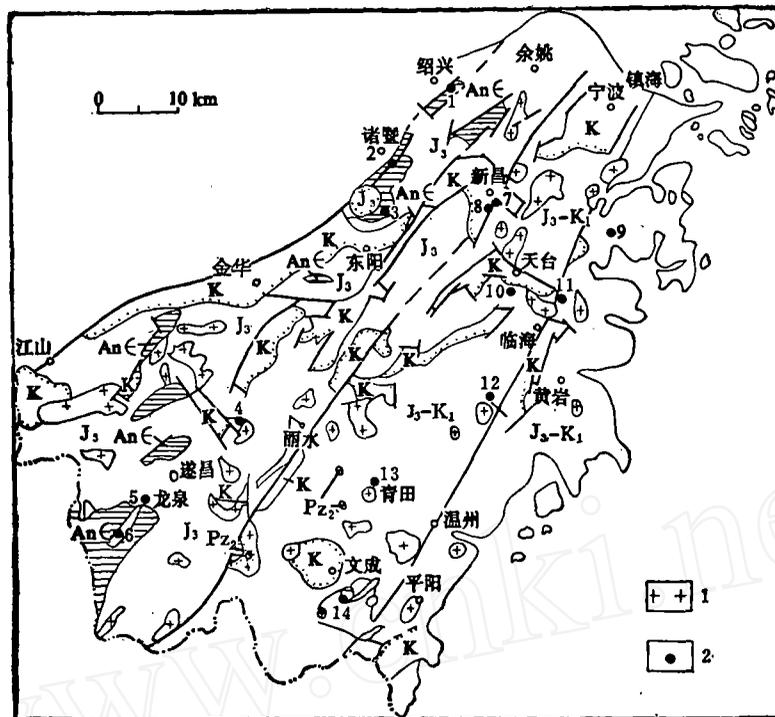


图3 浙东南区域地质和金银、铅锌矿床分布略图

K—白垩纪火山沉积盆地，J₃-K₁—上侏罗统一下白垩统火山岩，Pz₂—晚古生代变质岩；

AnC—前寒武纪变质岩，1—燕山期侵入岩，2—矿床产地

西部隆起带矿床编号：1—中丞金矿床；2—黄山金矿床；3—罗山金矿床；4—冶岭头金银矿床；5—乌岙铅锌银多金属矿床；6—八宝山金银矿床；东部拗陷带矿床编号：7—千官岭金银矿床；8—后岸银矿床；9—储家铅锌矿床；10—大岭口铅锌（金银）矿床；11—龙珠山铅锌（银）矿床；12—五部铅锌（银）矿床；13—孙坑铅锌（金银）矿床；14—双桂金矿点

都是赋存在断陷盆地的边缘，受北东东及北西向断裂控制。

上述银矿床中，既有独立银矿床，也有综合银矿床，规模可达中到大型。

2. 矿床都与中—新生代火山岩有关，含矿围岩为安山岩到流纹质的火山岩及其凝灰岩。矿化与同期的次火山岩（石英斑岩或花岗斑岩）有直接的成因联系。但环太平洋成矿带东西两侧的陆相火山岩银成矿区彼此有较大差异。东侧多与第三纪火山岩如流纹岩、英安岩有关，规模多为大型至特大型银、金矿床，并有独立银矿床出现。西侧火山岩主要为燕山中—晚期的流纹岩、英安岩及熔岩、凝灰岩，虽亦有独立银矿床出现，但以银、金或银—多金属矿床为主。这可能

是太平洋板块俯冲时两侧所处的地球化学条件有差异，东侧成矿于地壳浅部，西侧成矿于地壳较深部位所致。

3. 在含矿岩系中，矿体常成群、成带出现，如墨西哥柏楚卡和雷尔德尔成矿带，矿床产于中新世—上新世安山岩、英安岩和流纹岩中。在12×10km的矿化区内有上百条矿脉。矿石矿物以辉银矿为主，另有螺状硫银矿、硫锑铜银矿以及自然金、银金矿、黄铁矿、黄铜矿等。华北地台北缘的牛圈、营房等银、金矿床，分布于沾源台凹与丰宁台凸的过渡带上，矿体也是成群、成带出现。支家地、洞沟、小庆沟等银多金属及银锰矿床，分布于太白维山破火山口边缘的断裂带上，矿体产于上侏罗统白旗组、张家口

组英安质及流纹质凝灰角砾岩与次火山岩的接触带附近。

4. 矿体常呈脉状、网脉状、细脉浸染状、角砾状和囊状等。块状、角砾状矿石品位较富；细脉浸染矿石则多为贫矿。银矿物颗粒较细，肉眼难以看到，鉴别时多以色率作参考，凡矿石呈灰绿或深灰色、风化面为黑褐色及灰黄绿色者为富矿；如果颜色粉白，即使有细粒黄铁矿或黑色细脉浸染者，品位也较贫。

5. 从矿物组合看，陆相火山岩中银矿床的银矿物要比海相火山岩中银矿物简单些，以自然金属元素与硫化物为主，硫酸盐矿物较少，不像海相火山岩银矿床中硫酸盐矿物大量出现。因此，总的说来，陆相火山岩银矿床银的品位要比海相火山岩高，元素组合也比较稳定。其中独立银矿床常为Ag、Pb、Zn、Mn、Cd组合系列，综合银矿床则增加Au、As、Sb、Cu、Mo等元素，在含矿带范围常显示Hg、Sb、Bi异常，可指示找矿。

6. 主要金属元素矿物组分沿垂直或水平方向有分带特点，例如：江西贵溪冷水坑矿床中心部分为黄铜矿、黄铁矿化，向外为方铅矿、闪锌矿化和铅锌银矿化，外缘为铁锰、银锌矿化及磁铁菱锰矿化（图4）。垂向上，上部为铅锌矿化，往下为铅锌银矿

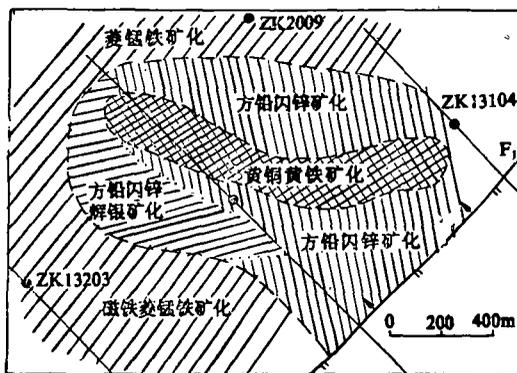


图4 贵溪冷水坑矿床矿化分带水平投影图

4.

化，深部为铜硫（金）矿化。侧向分带是以岩体为中心，向围岩依次出现（金）铜、硫矿化，铅锌矿化，铁锰矿化（图5）。

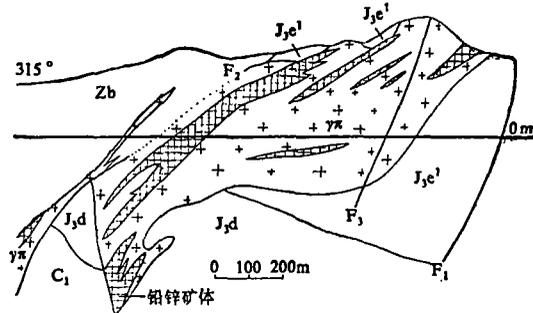


图5 铅锌矿体产出部位及形态示意图

(据罗诒爵, 1985)

Q—第四系冲积层； $\gamma\pi$ —含矿花岗斑岩， $J_{3e}1$ —上侏罗统鹅湖岭组，Zb—震旦系变质岩

浙江五部、大岭口成矿带的银、铅锌矿化也有类似情况，如五部矿区银的相对含量具有上（浅部）高、下（深部）低的特点。大致以400m标高为界，上部银的相对含量迅速升高，变化大，而下部银含量则相对稳定，变化小（图6）。

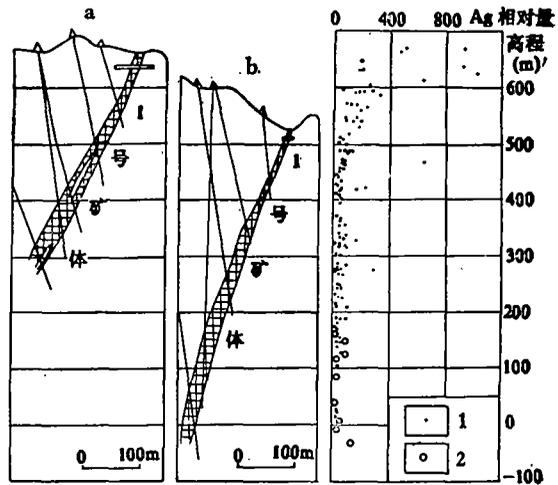


图6 不同标高银的相对含量分布综合图解

(据郑人来、谢从智, 1984)

a—109线剖面示意图，b—23线剖面示意图，

1—1号矿体，2—2号矿体

7. 与次火山岩体（石英斑岩、花岗斑岩）密切相关的矿床，其矿化部位有自碎现象和隐爆角砾岩筒出现，并形成矿化角砾岩，这是重要的找矿标志。因此，首先应对矿区不同成因的角砾岩进行认真的划分，以有效地指导找矿。

8. 矿床围岩蚀变明显，其强度随距矿体的远近而有渐变关系。主要有黄铁矿化、硅化、碳酸盐化、绢云母化及绿泥石化。有的矿区还有叶蜡石化和泥化。与矿体直接有关的是碳酸盐化、硅化和黄铁矿化。碳酸盐矿物主要是含铁菱锰矿和铁菱锰矿，有时铁菱锰矿与含银硫化物组成细脉状富银矿石。绢云母化与绿泥石化系早期水热蚀变产物，多分布在矿体外围。

成矿作用特点

1. 容矿岩石的化学成分

以我国陆相火山岩银矿床为例，其容矿岩石无论是火山岩、火山沉积岩及同成分的次火山岩类，几乎无例外地都具有高硅、低铁、富钾、贫镁、钙的特点，属于铝过饱和的钙碱性或亚碱性系列（表1）。

2. 硫同位素

几个矿区的硫同位素数值均明显地富集

^{34}S ，且 $\delta^{34}\text{S}$ 为正值，接近零点（平均值），塔式效应不明显，说明成矿温度不高，未能实现硫的均一化。其中大岭口值低，可能有生物硫混入，这是中—低温成矿的特征，同时还还原作用使硫产生了较强的分馏作用。从平均值看，大岭口 $\delta^{34}\text{S}$ 为+2~+4‰，蔡家营子为-0.5~+10‰，平均+5.09‰，牛圈平均值为+5.2‰，支家地在0.6~9.6‰间，平均3.45‰，不同硫化物中 $\delta^{34}\text{S}$ （‰）的平均值顺序是：大岭口（闪锌矿（6.01）—方铅矿（3.3）—黄铁矿（2.51））；蔡家营子（黄铁矿>闪锌矿>方铅矿）；冷水坑（黄铁矿（3.10）>闪锌矿（3.06）>方铅矿（2.22））；支家地（黄铁矿>闪锌矿>方铅矿）。

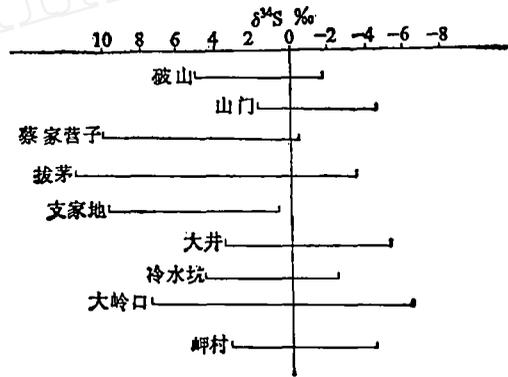


图7 若干矿区的硫同位素数值

若干陆相火山岩银矿床容矿岩石化学成分（%）

表1

矿区名称	SiO_2	K_2O	Na_2O	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	
大岭口	火山岩	75.10	5.15	1.93	0.86	0.77	0.58	0.26
	次火山岩	75.3	6.09	1.76	0.70	0.28	0.25	0.19
蔡家营子	次火山岩	74.04	5.48	2.20	0.78		0.78	0.14
冷水坑	火山岩	74.32	6.51	0.46	1.84	0.60	0.32	0.30
	次火山岩	78.07	5.11	0.92	0.74	0.81	0.21	0.31
牛圈	火山岩	73.66	5.12	3.32	1.07	1.40	0.78	0.19
支家地	火山岩	68.86	8.40	0.17	1.32	0.60	0.16	0.12
	次火山岩 (石英斑岩)	74.23	6.69	1.60	0.76	0.53	0.62	0.59

几个矿区铅同位素数值

表 2

铅同位素比值	牛圈	蔡家营子	大岭口	支家地	地幔	下地壳
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	17.25	16.82	18.38	16.54	16.06	17.51
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15.46	15.64	15.63	15.24	15.49	15.39
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	37.79	37.84	39.64	36.66	37.70	38.67
Φ_{Doe} 年龄 (Ma)	832	1306.5	222.0	1103.55		
模式年龄 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	951	116	411.8	1355		
模式年龄 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	1486	463.6	1342.2	2023		
模式年龄 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	517	488	215	1118		

总的看来,各银矿区硫同位素值偏离较小,接近于陨石型,是深源硫的象征,但比陨石硫的变化大些,推想是在火山热液上升过程中有围岩成分混染(图7)。

3. 铅同位素

几个矿区铅同位素数值见表2。

从表2可见,除大岭口外,各矿区基本属于正常铅范围,推想铅既可来源于地幔,也可来源于地壳。

除蔡家营子矿床外,各矿区的年龄值通常是 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} > ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} > ^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$,而且 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 均为最小,说明矿床富钍铅,普遍处于Th/U比值较高的地化环境。大岭口属J型铅,其他为B型铅。

4. 成矿温度

液体包裹体测温资料表明,陆相火山岩中银矿床的成矿温度为163~350℃,属中一低温热液矿床(表3)。

5. 碳、氧同位素

部分矿区碳、氧同位素测定结果,大岭口矿区的 $\delta^{18}\text{O}$ (SMOW)值,石英为9.7~18.8‰,菱锰矿为-19.68~10.7‰,玉髓为12.2‰;蔡家营子矿区的 $\delta^{13}\text{C}$ (PDB)值为-3.39‰,支家地为-5.51~4.31‰,平均4.9‰。上述数值比正常岩浆水略低,可

若干银矿床液体包裹体测温结果 表 3

矿区	测试方法或对象	温度值 (℃)	平均温度 (℃)
大岭口	黑色闪锌矿(载银)	220~240	220
	浅色闪锌矿(载银)	207~218	
五部	液体包裹体测温	250~350	300
蔡家营子	液体包裹体测温和闪锌矿含铁量测温	200~320	260
支家地	硫同位素平衡温度计算	284~325	300

能与岩浆水、地层水和雨水混入有关。

综上所述,陆相火山岩中的银矿床,多属岩浆期后中一低温浅成热液矿床。成矿作用是多期、多阶段的。硫来源于地壳及其深部。成矿物质是多来源的。成矿前发生过较广泛的碱性热液和碱水交代作用。热液在地层内发生环流,并从地层中攫取Ag、Pb、Zn、Cu等元素,并沿断裂、裂隙及角砾岩带充填、交代,使矿质沉淀富集成矿。

参考文献

- [1] 罗治爵, 矿床地质, 1985, 第4期。
- [2] 郑人来等, 矿床地质, 1984, 第1期。
- [3] 张长江, 矿床地质, 1990, 第4期。
- [4] 陈绍媛, 地质与勘探, 1987, 第10期。

Geological Characteristics and Minerogenesis of Ag-deposits in Continental Volcanic Rocks

Lin Feng

Proceeded from a general study on characteristics of continental volcanic rocks, the present paper deals with some common characteristics of the silver deposits hosted in these rocks and try to make a deduction on their minerogenesis from following aspects, including: lithochemical composition, isotopic constitution and metallogenic temperature.