第六章 成矿物质来源

同位素地球化学的理论及其方法在矿床方面的应用主要为确定成矿时代、成矿物质来源、成矿介质及条件提供依据与线索，这些问题的解决或部分解决是探讨矿床成因与时空分布的关键所在，同时也是矿床勘探与评价的辅助方法（涂光炽，1997），其中，同位素地球化学运用于我国矿床学领域的一大重要成果便是矿床多成因论点的提出与完善（涂光炽，1979）。本次通过对矿床中围岩、矿石和脉石矿物的 Pb、S、Sr、C、O 同位素特征、微量元素特征来探讨银厂坡矿床成矿物质来源与矿床成因。

第一节 同位素地质特征

6.1.1 Pb 同位素组成特征

银厂坡矿床的矿石、硫化物与围岩样品的铅同位素组成见表 6.1。

表 6.1 银厂坡银矿床 Pb 同位素特征

样　号	测试对象	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{206}Pb$	μ 值	年龄(Ma)
180-3*	摆佐组白云岩	18.120	15.500	38.360	0.855	9.290	170
83-2*	摆佐组白云岩	18.401	15.597	38.644	0.847	9.450	162
83-3*	摆佐组白云岩	18.404	15.608	38.700	0.848	9.470	183
	平均值	18.308	15.568	38.568	0.850	9.403	172
YC7P-6	方铅矿	19.073	16.334	40.695	0.856	12.900	963
YC6-23	方铅矿	18.645	15.866	39.368	0.851	10.810	507
YC6-21	方铅矿	18.487	15.712	38.883	0.850	10.150	332
YC7P-7	方铅矿	18.648	15.891	39.451	0.852	10.920	549
YC6-25	方铅矿	18.314	15.576	38.513	0.850	9.600	184
	平均值	18.633	15.876	39.382	0.852	10.876	507
YC3-1K	白云质矿石	18.626	15.887	39.522	0.853	10.180	374
YC3T-4'	硫化物矿石	18.542	15.798	39.167	0.852	10.530	456
YC3-5K	氧化矿石	18.439	15.716	38.955	0.852	10.910	557
	平均值	18.536	15.800	39.215	0.852	10.540	462

注："*" 数据引自柳贺昌，其余由中国科学院地球化学研究所环境国家重点实验室彭建华测定，1997.

银厂坡围岩铅同位素组成为$^{206}Pb/^{204}Pb$介于18.12～18.404，平均值为18.308；$^{207}Pb/^{204}Pb$介于15.5～15.608，平均值为15.568；$Pb^{208}/^{204}Pb$介于38.36～38.7，平均值为38.568。矿石铅$^{206}Pb/^{204}Pb$介于18.439～18.626，平均值为18.536；$^{207}Pb/^{204}Pb$介于15.716～15.887，平均值为15.8；$Pb^{208}/^{204}Pb$介于38.955～39.522，平均值为39.215。方铅矿的$^{206}Pb/^{204}Pb$介于18.314～19.073，平均值为18.633；$^{207}Pb/^{204}Pb$介于15.576～16.334，平均值为15.876；$^{208}Pb/^{204}Pb$介于38.513～40.695，平均值为39.382。矿石铅$^{206}Pb/^{204}Pb$、$^{207}Pb/^{204}Pb$、$^{208}Pb/^{204}Pb$介于围

岩与方铅矿之间，自围岩→矿石→方铅矿逐渐富放射性成因铅。三者在$^{207}Pb/^{204}Pb$～$^{206}Pb/^{204}$和$^{208}Pb/^{204}Pb$～$^{206}Pb/^{204}$图上呈较好的线性关系(图6.1)，其中$^{207}Pb/^{204}Pb=0.9303^{206}Pb/^{204}Pb-1.4544$；$^{208}Pb/^{204}Pb=2.63^{206}Pb/^{204}Pb-9.5839$；显示矿石铅为高

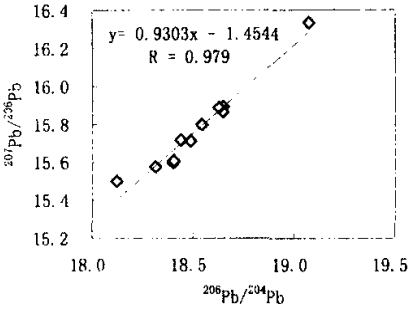


图 6.1(a) 银厂坡$^{207}Pb/^{204}Pb$-$^{206}Pb/^{204}Pb$图

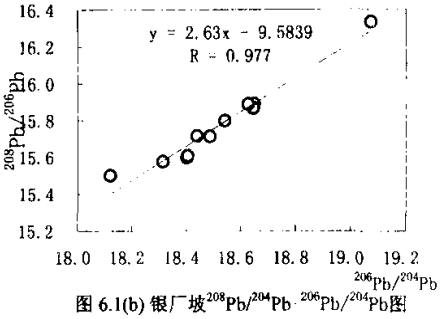


图 6.1(b) 银厂坡$^{208}Pb/^{204}Pb$-$^{206}Pb/^{204}Pb$图

图 6.1 银厂坡矿床矿石、围岩、蚀变岩$^{207}Pb/^{204}Pb$～$^{206}Pb/^{204}Pb$及$^{208}Pb/^{204}Pb$～$^{206}Pb/^{204}Pb$关系图

放射性成因铅与低放射性成因铅的混合。前者可能主要来源于富放射成因铅源区，后者主要源自围岩。若将岩石、矿石及脉石矿物的铅同位素投影在坎龙（Cannon,1961）图上，放射性成因的铅主要显示为钍铅。将整个矿床铅同位素投影在stacy和kramers(Stacy和Kramers,1975)平均增长线附近，显示为铅为混合铅。

将银厂坡矿床及麒麟厂、大梁子、天宝山、杉树林、乐马厂矿床的Pb同位素组成投影在Zartman铅同位素演化曲线上，铅主要落入上地壳铅范围，铅同位素组成与区内麒麟厂、大梁子、天宝山、杉树林等矿床相当，这几个矿床的铅同位素组成范围集中于区域III（见图6.2）。

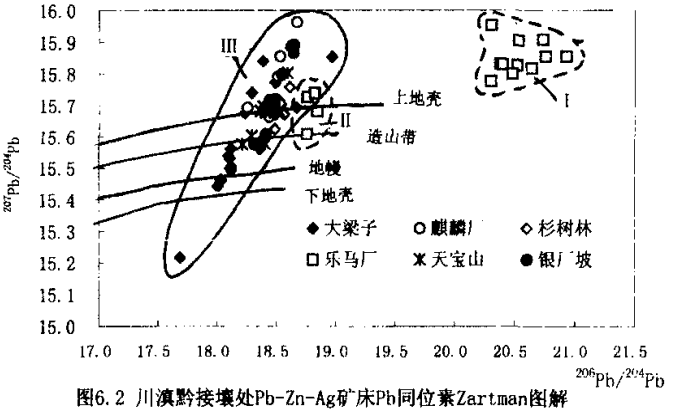


图6.2 川滇黔接壤处Pb-Zn-Ag矿床Pb同位素Zartman图解

对比川滇黔接壤处的麒麟厂、大梁子、天宝山、杉树林Pb-Zn-Ag矿床及乐马厂独立

银矿床铅同位素的特征（图6.2，6.3），可以发现，在$^{207}Pb/^{204}Pb$～$^{206}Pb/^{204}Pb$及$^{208}Pb/^{204}Pb$～$^{206}Pb/^{204}Pb$图上，这几个矿床的铅同位素的组成落于两个区域：一个为低放射性成因铅集中区—以麒麟厂、大梁子、天宝山、杉树林及银厂坡矿床的铅同位素范围构成(图6.2，6.3，III)；另一个集中区主要由乐马厂的富放射性成因铅同位素构成(图6.2，6.3，Ⅰ，Ⅱ)。

乐马厂的铅同位素的组成较为特殊，其组成可分为两个组：一组为靠近麒麟厂、大梁子、天宝山、杉树林及银厂坡的铅组成密集区，但不重叠（6.3，Ⅱ）；另一组为明显富放射性成因铅(6.3，Ⅰ)；这一组铅的源区与麒麟厂、大梁子、天宝山、杉树林及

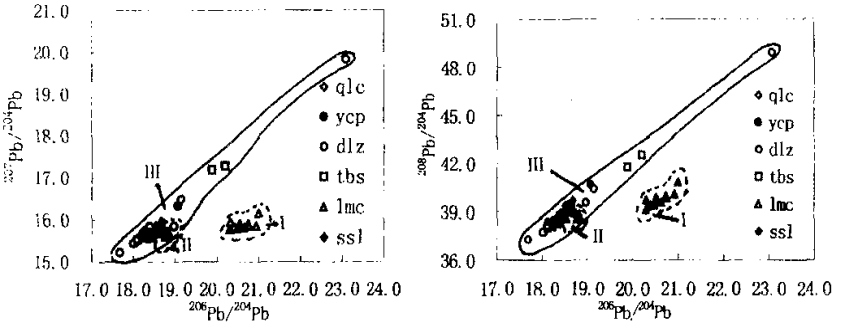


图 6.3 研究区铅锌银矿床 $^{207}Pb/^{204}Pb$～$^{206}Pb/^{204}Pb$及 $^{208}Pb/^{204}Pb$～$^{206}Pb/^{204}Pb$关系图

1、qlc为麒麟厂　2、ycp为银厂坡　3、dlz为大梁子

4、tbs代表天宝山 5、lmc代表乐马厂 6、ssl代表杉树林

银厂坡矿床的铅显然不同。在$^{207}Pb/^{204}Pb$～$^{206}Pb/^{204}Pb$图上，除乐马厂超大型银矿床外，其它几个矿床的铅同位素组成范围大致重合，呈线性关系，说明它们的铅在某一地质历史时期上有外来铅的加入并与地层铅混合均一。以上各矿床中的部分铅可能有共同的源区。银厂坡及其它几个矿床的放射性成因铅多为壳源铅，主要来源于上地壳。银厂坡矿床部分铅具明显的放射性成因，这种铅不可能由围岩提供，只可能来源其它源区。

区域上康滇地轴基底岩系的昆阳群（会理群）其铅同位素组成以富Th的放射性成因铅为特点，与银厂坡矿床铅同位素可以对比。在东川铜矿区22个昆阳群（会理群）岩石样品的$^{206}Pb/^{204}Pb$为15.805～20.19，$^{207}Pb/^{204}Pb$为15.305～15.922，$^{208}Pb/^{204}Pb$为35.497～39.005（陈好寿，1992），以富Th的放射性成因铅为特征。而银厂坡放射性成因铅也主要为低放射性成因的Th铅。从银厂坡矿区Pb同位素的μ值来看，无论矿石、围岩还是方铅矿，其铅同位素μ值均大于9，变化于9.29～10.92，个别样品可达12.9，多数在10左右，其μ值可与产在康滇地轴早-中元古代的若干铜矿床进行对比，康滇地轴早-中元古代的铜矿床μ值常介于9～10之间，并常有高μ值的地壳铅（μ>11）（冉崇英等，1993）。因

此，区域上昆阳群（会理群）能够提供一定的放射性成因的钍铅。

6.1.2 S同位素特征

S同位素组成对示踪硫的来源有重要意义，Jones等（1996）对Appalachia地区的MVT矿床的硫同位素进行研究发现，该区$\delta^{34}S$值朝北朝西逐渐增大，并认为蒸发硫酸盐的还原是硫的主要来源。近年来，测量沉积物不同形式硫的硫同位素组成取得了一定的进展（Mossmamn等，1991；Zaback和Pratt.1992）。同时，硫同位素特征对示踪物质来源、计算硫同位素平衡温度等方面都有重要意义。它还是反映沉积环境较好的示踪剂，因为$\delta^{34}S$值受细菌还原海水硫酸盐的温度、硫酸盐浓度及细菌群密度等因素所限制。

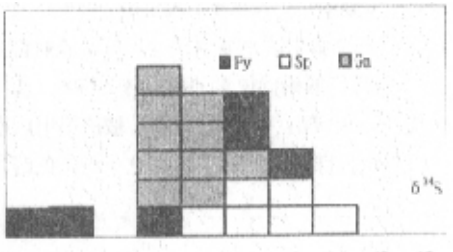


图 5.4银厂坡硫同位素分布范围直方图

层控矿床的硫源十分复杂，但以细菌还原海水硫酸盐形成的硫对成矿所起的作用较大。对于改造矿床，改造作用的程度与硫同位素的分散程度密切相关，改造越彻底，其离散度就越小，硫同位素的组成便越均一。通常，硫化物的$\delta^{34}S$为负值值，表明硫的来源与生物作用有关；$\delta^{34}S$为正值时，表明硫来源于海水硫酸盐还原。银厂坡银矿床硫同位素的值$\delta^{34}S$均为正值(表 6.2)，以富集重硫为特征，介于+7.57~+14.15‰,常见于+9.5～+13.5‰之间，极差为6.58‰（表 6.2，见图 6.4），表明硫主要来源于海水硫酸盐还原。

表 6.2 银厂坡矿区硫同位素数据表

样品编号	硫化物	$\delta^{34}S$（‰）	样品编号	硫化物	$\delta^{34}S$（‰）
YC-C	黄铁矿	8.47	YC6-25	方铅矿	10.05
YC-A	黄铁矿	7.57	YC6-A	方铅矿	10.83
YC-B	黄铁矿	10.32	YC6-22	方铅矿	11.51
YC-5	闪锌矿	13.33	YC3-3	方铅矿	9.6
YC-1	闪锌矿	12.66	YCW-4	方铅矿	10.69
YC-4	闪锌矿	11.22	*8-2	黄铁矿	12.20
YC-7	闪锌矿	12.37	*4	黄铁矿	12.20
YC-6	闪锌矿	12.94	*1	方铅矿	10.50
YC-2	闪锌矿	11.94	*3	方铅矿	10.20
YC-3	闪锌矿	14.15	*83-3	方铅矿	10.9
YC6-21	方铅矿	10.99	*2	方铅矿	9.9
YC6-19-1	方铅矿	9.9	*58	黄铁矿	12.98

注："*"引自柳贺昌，1994；其余为本文送样、由中国科学院地球化学研究所冯家毅分析 。