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。

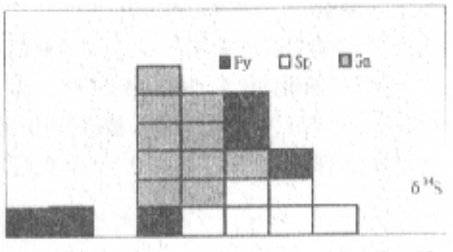


图 5.4银厂坡硫同位素分布范围直方图

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 。

地层中被还原的海水硫酸盐可能有多种存在形式，银厂坡矿床海水硫酸盐存在形式有以下几种可能：①沉积成岩时摄入的海水硫酸盐被限于摆佐组碳酸盐岩中，未形成明显的膏盐层。②下伏的其它地层，由于成矿流体流经这些地层循环淋滤其中的硫。③其它地层中的膏盐层。

由于矿区极少见重晶石等硫酸盐矿物，围岩中海水硫酸盐的硫同位素组成可通过硫化物的硫同位素组成来反演。由于硫化物的 $\delta^{34}S$ 通常比海水硫酸盐低（Hartmann and Nielsen,1969; Goldhaber and Kaplan,1974;Kaplan and Rittenberg,1964, Auldan and kuop, 1960), Auldan and kuop 认为大约低 6‰左右（1960)。根据银厂坡矿床的硫化物的同位素组成范围（表 6.2)，可以推测银厂坡银矿床地层中被还原的海水硫酸盐的 $\delta^{34}S$ 应介于+13.57‰～+20. 15‰之间,而与石炭系同时代的海水硫酸盐其 $\delta^{34}S$ 介于+14‰～+18‰（Claypool, 1980)，两者范围相近，说明硫主要来自摆佐组地层，即沉积成岩时摄入的海水硫酸盐。

赋矿围岩以外的膏盐层为银厂坡的成矿提供硫源可能性不大。银厂坡矿区内出露的震旦系灯影组和下寒武统未发现明显的膏盐层，从区域资料分析，尽管在四川甘洛黑马灯影组底部和埃岱下寒武统龙王组有膏盐层的出露，前者 $\delta^{34}S$ 为 18.8‰，后者均大于 25‰，且两者离散度均小于 2‰ (陈明扬等，1997)，与银厂坡的硫酸盐 $\delta^{34}S$ 差异较大，因而，外部膏盐层为银厂坡的成矿硫体提供硫源可能性不大。

由于银厂坡矿区成矿流体属富氯型（第七章)，这种流体在沿构造破碎带上升过程中，萃取其它地层中的少量的硫是可能的。因而，这种流体携带少量硫及金属组分进入摆佐组碳酸盐岩中的层间破碎带中是可能的，但并非主要来源。

幔源硫 $\delta^{34}S$ 值常介于 0‰附近，而区内岩浆侵入活动不明显，银厂坡矿床的硫化物的 $\delta^{34}S$ 值与幔源硫差别很大，矿床硫来自峨眉山玄武岩的可能性不大。

$\delta^{34}S_{Py} > \delta^{34}S_{Sp} > \delta^{34}S_{Gn}$ 式不成立，硫同位素未达到平衡。矿区黄铁矿、方铅矿和闪锌矿三种硫化物中的硫同位素分布极差均较小，表明这几种硫化物的硫有共同源区——摆佐组碳酸盐岩。

综上所述，本文认为成矿作用中的硫主要来源于摆佐组碳酸盐中的地层硫—即海水硫酸盐的还原作用形成的硫。

6.1.3 Sr 同位素

银厂坡 11 件样品 Sr 同位素组成见表 5.3，Rb/Sr 比值均小于 1，除氧化矿石的 Rb/Sr 比值稍高以外(三件样品 Rb/Sr 介于 0.100～0.389 之间)，其余均小于 0.1，放射性锶的积累可以忽略不计。因而，矿石及脉石矿物的锶同位素组成可以代表成矿时成矿流体锶同位素的初始比。

Sr 同位素的特征表明（表 6.3)，围岩、脉石矿物以及矿石 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 明显不同。围