

文章编号: 1000-4734(2002)02-0147-08

兰坪盆地大型矿集区多金属矿床的 铅同位素组成及铅的来源

张 乾 邵树勋 刘家军 刘志浩

(中国科学院 地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002)

摘要:滇西兰坪中、新生代陆相盆地中蕴藏有金顶超大型铅锌矿床、白秧坪大型银矿床及羊拉、金满等一系列大、中型铜矿床, 矿点、矿化点星罗棋布, 为一成矿时代新、矿床规模大、矿床种类丰富的大型矿集区。分布于盆地边缘的矿床与火山活动有一定关系, 盆地内部的矿床产于中、新生代沉积岩中。铜矿床沿澜沧江深大断裂带东侧分布, 向东至盆地中部, 为铅锌银分布区, 再向东出现汞锑砷矿化。该矿集区不同矿床的铅同位素组成及铅的来源, 可分为三种类型, ①金顶超大型铅锌矿床以具有低同位素比值的铅为主, 铅的主体来源相当于下地壳铅, 整个矿床的铅为下地壳铅与盆地沉积岩铅的混合铅; ②金满铜矿床及盆地内其它铜铅锌矿床的铅来自盆地沉积岩; ③位于盆地边缘的羊拉铜矿床, 早期热水沉积成矿阶段铅的来源与二迭系玄武岩铅一致, 为幔源铅, 晚期热液成矿阶段铅来自地壳重熔型岩浆作用。

关键词:大型矿集区; 多金属矿床; 铅同位素组成; 铅的来源; 兰坪盆地; 滇西

中图分类号: P597+.2; P618.4 **文献标识码:** A

作者简介:张乾, 男, 1955年生, 研究员, 从事矿床地球化学研究。

兰坪盆地位于滇西三江褶皱带中段, 以产出我国规模最大的金顶超大型铅锌矿床($Pb + Zn > 20 \text{ Mt}$)而闻名中外, 同时产出有羊拉大型铜矿、白秧坪大型银矿和金满、水泄等中型铜矿床, 位于盆地北缘的羊拉铜矿床已圈出6个矿段, 仅主矿段铜储量已超过1 Mt。除此之外, 盆地内发现的铜、铅、锌、银、汞、锑等矿点(矿化点)达200余处, 经过多年的普查和研究, 有些已显示出很好的找矿潜力。

自从20世纪80年代以来, 兰坪盆地多金属矿床的成矿作用, 一直是成矿学和地球化学研究的热点。从区域构造演化到具体矿床的成矿作用, 已有大量的研究, 张玉泉等^[1]研究了三江地区的岩浆活动及其与成矿的关系, 钟大赉等^[2]从古特提斯造山带出发研究了滇川西部的构造演化, 王立全等^[3]研究了金沙江弧-盆系的时空结构及其地史演化, 李光勋^[4]研究了兰坪盆地内的逆冲推覆构造。有关的研究成果对理解包括兰坪盆地在内的三江地区及其兰坪盆地本身的地质构造及

岩浆演化起到了重要作用。在成矿作用方面, 吕伯西等^[5]研究了三江地区花岗岩类的成矿专属性, 涂光炽等^[6]将金顶铅锌矿床作为沉积弱改造型矿床的范例, 白嘉芬等^[7]、尹光辉等^[8]、罗君烈等^[9]认为该矿床铅的主体来自上地幔, 王京彬等^[10]和肖荣阁等^[11]则认为, 金顶矿床是陆相热水喷流沉积型矿床, 成矿元素来自上地幔; 季宏兵等^[12]认为上地幔为矿床提供了部分铅。然而, 王太平^[13]认为, 金顶矿床的铅并非来自上地幔, Hu Ruizhong等^[14]通过对该矿床 He-Ar 同位素组成的研究发现, 金顶矿床根本不存在地幔来源的氦。潘家永等^[15, 16]研究羊拉铜矿后认为, 矿床存在热水沉积型与后期岩浆热液型矿体, 成矿物质分别来自上地幔和上地壳。除上述几个典型矿床外, 盆地内其它众多的多金属矿床(点)目前只有零星资料, 缺少系统的研究。

由此不难看出, 关于兰坪盆地多金属矿床的成矿作用, 尽管已经进行了大量研究, 但在矿床成因和成矿物质来源等方面的认识上仍存在大的争议, 即使研究程度很高的金顶铅锌矿床, 铅的来源也还是一个争议未决的问题。解决成矿物质来源是认识成矿规律的关键, 对于铜铅锌多金属矿床

收稿日期: 2001-11-17

基金项目: 国家重点基础研究项目(G1999043208); 中国科学院重点项目(KZ952-S1-407)

来说,铅同位素组成是最直接最有效的方法。因此,本文通过矿床与滇西地区上地幔及盆地上地壳沉积岩铅同位素组成的对比研究,旨在重新认识兰坪盆地大型矿集区内多金属矿床的矿质来源。

1 区域成矿地质背景及矿床分布特点

兰坪盆地是陆内断陷盆地,形成于中生代末至新生代初,发育于第三纪,第三纪末至第四纪初褶皱隆起。盆地西界为澜沧江深大断裂带,东以金沙江—哀牢山断裂带为界,南至无量山,北至德钦。

盆地自中生代至第三纪处于接受沉积状态,三叠纪以海相碳酸盐岩-碎屑岩沉积为主,伴随有海相中酸性火山喷发作用,侏罗纪至白垩纪为陆相-海陆交互相砂岩-细碎屑岩沉积,第三纪为陆相湖泊红色含盐碎屑沉积,第三纪末隆起为山。盆地基底除前寒武系变质岩外,早古生界及晚古生界地层零星分布。其中第三系为金顶铅锌矿床的主要赋矿层位,三叠系至侏罗系为脉状多金属矿床的赋矿层位,二叠系为盆地边缘与火山-岩浆作用有关的矿床的赋存层位。前寒武系和古生界地层中尚未发现有较大经济意义的矿床。

多金属矿床的分布如图1所示,羊拉铜矿床位于盆地北缘的二叠系玄武岩-碎屑岩地层中,矿床规模达大型,其成因与二叠纪海底火山热水沉积作用有关^[15];盆地内部沿澜沧江断裂带东侧,有金满、水泄、小格拉、科登洞、甸尾桥、富隆厂等近200处铜矿床(点),它们主要产于三叠系至白垩系地层中,矿床受断裂带控制,呈脉状;盆地中部为铅锌银矿床分布区,从德钦至兰坪一带,有金顶、南佐、菜子地、三山等铅锌矿及白秧坪银矿床,金顶铅锌矿为层状矿体,赋矿地层为老第三系,超大型铅锌规模,伴生超大型锑(天青石)和镉,其余均为脉状矿体,赋矿地层以三叠系和侏罗系为主;再往东及往盆地东南部至大理—永平一带,分布有汞镉矿床(点),近年来在兰坪至云龙一带也发现有汞镉矿化。

岩浆活动主要限于盆地边缘及周边地区,盆地中心地带(维西—兰坪一带)为多金属矿床集中分布区很少有岩浆岩出露。往北至德钦县城以北有大量中、酸性、基性岩浆岩出露,盆地东缘丽江至大理一带,分布有大量碱性岩、基性-超基性岩,北衙金矿的形成就与碱性岩关系密切。

兰坪盆地边界由超壳深大断裂控制,断裂构造控制了多金属矿床的分布。作为盆地西界的澜沧江断裂是长期处于活动状态的深大断裂带,控制了铜矿床的分布格局,而铅锌矿床的分布受控于德钦—维西—乔后和江断裂带,矿床都产于区域断裂带的次级断裂构造中。根据罗君烈等^[2]和钟大赉等^[9]的资料,兰坪盆地处于印度板块、扬子

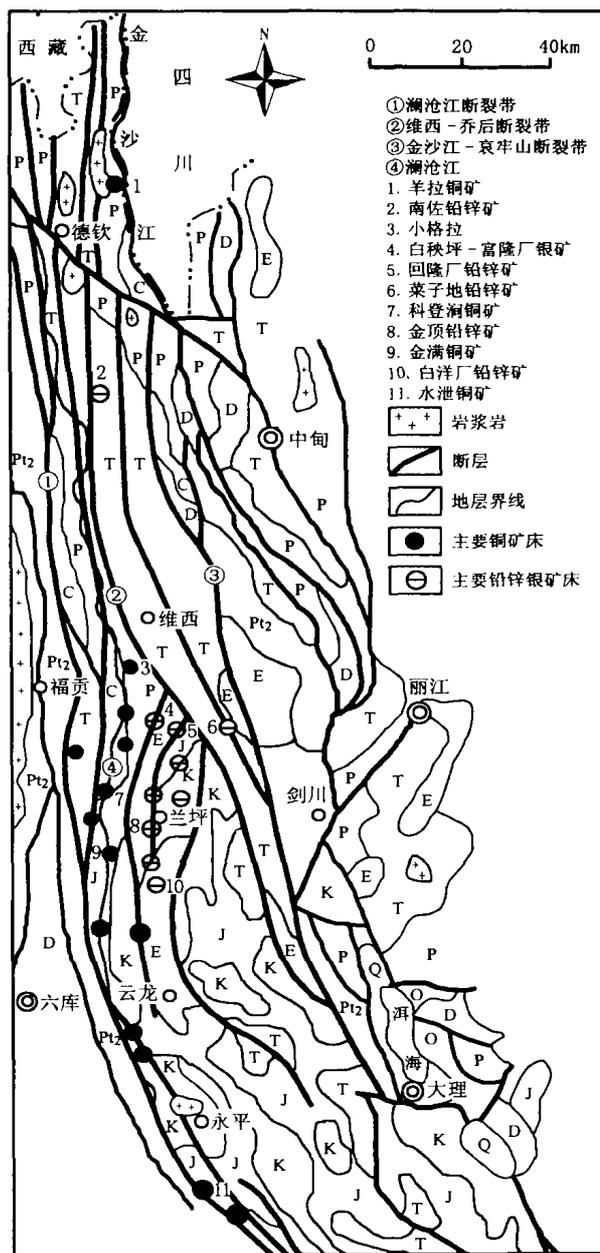


图1 兰坪盆地地质构造及矿床分布示意图
Fig.1. Sketch showing the geological structures and deposit distribution of the Lanping Basin.

Q.第四系;E.第三系;K.白垩系;J.侏罗系;T.三叠系;P.二叠系;C.石炭系;D.泥盆系;O.奥陶系;Pt₂.中元古界(包括苍山群、崇山群、石鼓群和高黎贡山群)

地块、保山地块、哀牢山地块、石鼓地块等地质块体的汇聚中心,因而构成了独特而有利的成矿条件。

2 滇西地区上地幔及兰坪盆地上地壳沉积岩的铅同位素组成

利用铅同位素组成确定成矿物质来源,关键在于矿石铅与有关地质体铅同位素组成的对比。然而,对兰坪盆地的多金属矿床来说,过去认为某个矿床的铅来自地幔或地层,主要是根据矿石铅同位素比值的高低而作的推论。但是,滇西地区上地幔的铅同位素组成及上地壳沉积岩的铅同位素组成究竟如何?铅来自上地幔及上地壳的那些矿床,铅同位素组成与该区上地幔和上地壳铅的关系如何?这些问题都尚未解决。因此,确定滇西地区上地幔与上地壳两个端元的铅同位素组成是解决问题的关键。

滇西地区存在大量基性、超基性岩和碱性岩,这些岩石被认为是地幔岩浆作用的产物^[17-20]。邓万明等^[21]和刘显凡等^[22]研究了它们的铅同位素组成,认为这些岩石的铅来自地幔,但研究对象为全岩。事实上,由于受地壳混染、热液蚀变和放射性元素衰变的影响,绝大多数全岩的铅同位素组成无法代表该区上地幔的原始铅同位素组成。

兰坪盆地内部很少有基性、超基性岩出露,个别层位(主要为石炭系和二叠系)有少量中酸性-基性火山岩,但都遭受强烈蚀变。我们从北衙、海东、丽江、姚安、金厂、老王寨等地的基性-超基性岩、碱性岩及其中的深源包体中挑选出包括长石、石榴子石、橄榄石等 16 个单矿物和 1 个蛇纹石化橄榄岩样品,在宜昌地质矿产研究所和中国科学院地质研究所 VG-254 和 MAT-261 型质谱仪上分析了铅同位素组成, NBS-981 标准样监控(分析结果: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 16.912 ± 0.002 , $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.459 ± 0.002 , $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 36.579 ± 0.004),分析总体误差 $< 0.05\%$ (下文中凡本文数据其分析方法均与此相同)。结果显示, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 三组同位素比值分别为 $17.877 \sim 18.353$, $15.465 \sim 15.523$ 和 $37.797 \sim 38.414$ 。位于盆地北缘的羊拉铜矿床,4 个新鲜玄武岩全岩的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 三组同位素比值分别为 $18.056 \sim 18.506$, $15.470 \sim 15.587$ 和 $38.103 \sim$

38.567 ,具有低放射成因铅的特点。上述不同地点、不同岩性样品的铅同位素组成表现出了完全一致的变化范围,同位素组成非常均一,在 Zartman 等^[23]的铅构造图(图 2)中,位于地幔铅演化线上或沿该演化线的延长方向分布,勾划出的变化范围其长轴方向与地幔铅演化线完全一致。因此,我们认为,图 2 中 21 个样品圈出的实线区域可以代表晚古生代以来滇西地区上地幔的铅同位素组成。

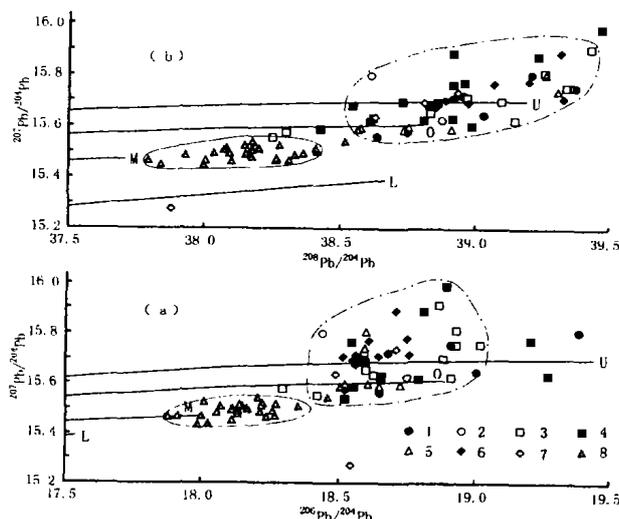


图 2 西上地幔与兰坪盆地上地壳铅同位素组成 (Zartman 的铅演化模式)

Fig. 2. Pb isotopic compositions of the upper mantle in western Yunnan and the upper crust in the Lanping Basin.

M. 上地幔铅 O. 造山带铅 U. 上地壳铅 L. 下地壳铅

1. 前寒武系变质岩 2. 寒武系 3. 二迭系 4. 三迭系

5. 侏罗系 6. 白垩系 7. 第三系 8. 滇西上地幔岩石铅

(资料来源:1-7 为本文及罗君列等^[9]资料,8 为本文资料)

兰坪盆地出露的上地壳岩石包括前寒武系崇山群、苍山群变质岩系以及从寒武系到第三系的沉积岩。不同时代 54 个全岩样品(其中 12 个样品为本文数据)的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值分别为 $18.140 \sim 20.289$, $15.274 \sim 16.051$ 和 $37.878 \sim 40.800$ 。尽管地层时代不同(前寒武系变质岩至第三系红层),岩性不同(混合岩、片麻岩、片岩、砂岩、灰岩、安山岩等),但它们的铅同位素组成变化范围基本相同,表现出富放射成因铅的特点。在图 2 中,绝大多数样品点都落在 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.100 \sim 19.500$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.200 \sim 16.050$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.255 \sim 39.500$ 的范围内,与地幔铅同位素组成明显不同。我们将

图2中点线区域确定为滇西地区现代上地壳岩石的铅同位素组成。

可以看出,滇西地区上地幔的铅同位素组成超出了 Zartman 等^[23]厘定的现代全球上地幔铅范围,这可能与该区自晚古生代以来经历了古特提斯和新特提斯及大陆碰撞拼合等复杂的构造演化有关^[3,24]。从图2可以看出,羊拉铜矿蚀变玄武岩和老王寨超基性岩体中蛇纹石化橄榄岩全岩与新鲜样品相比,铅同位素比值增高,样品偏向造山带铅,这种变化可能意味着蚀变过程中有高放射成因铅的加入。

3 兰坪盆地多金属矿床的铅同位素组成及铅的来源

兰坪盆地大型矿集区的多金属矿床,根据其产出状态,可分为产于盆地内部沉积岩中的层状矿床(如金顶)、产于盆地内部沉积岩断裂带中的脉状矿床(如金满、水泄等)及产于盆地边缘与火山-岩浆作用有关的矿床(如羊拉)等类型。这些矿床的铅究竟来自何处,是认识其成因和成矿规律的关键。当把它们的铅同位素组成与区域上地幔和上地壳沉积岩的铅同位素组成进行对比时,这一问题则有进一步的认识。

3.1 金顶铅锌矿床铅的来源

金顶矿床是产于兰坪盆地老第三系陆相地层中的层状矿床,规模巨大(Pb + Zn > 20 Mt),伴生超大型锗(天青石)矿床,镉储量近 0.2 Mt。赋矿地层主要为老第三系云龙组红色砂岩、灰岩角砾岩,矿体以层状为主,无岩浆岩出露,矿区构造以逆冲推覆断裂为主,形成一宽缓穹窿构造,矿体位于穹窿翼部(穹窿顶部矿体已被剥蚀)。该矿床硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 为负值,变化于 -20.5‰ ~ -4‰ 之间,天青石、石膏的 $\delta^{34}\text{S}$ 为正值,变化于 10‰ ~ 26‰ 之间。

近 20 年来,许多研究者认为金顶矿床的铅来自上地幔^[8-9],这一认识一直占据着主导地位。然而,矿区大范围内没有幔源岩浆岩出露,其它地球化学证据(S, C, H, O, Sr, He 同位素)也都不显示地幔信息^[9,14,25]。

该矿床 56 个硫化物矿物的铅同位素组成如图 3 所示,其中 14 个样品为作者最新测定结果,与云南省地质矿产局原有的 42 个样品的分析结

果一致,说明数据是可靠的。

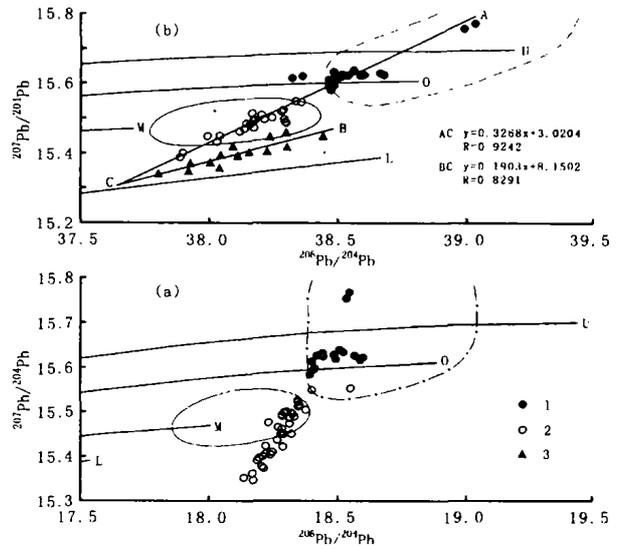


图3 金顶铅锌矿床的铅同位素组成

Fig. 3. Pb isotopic composition of the Jinding Pb-Zn deposit.

1. 以沉积岩铅为主的矿石 2. 以深源铅为主及沿 AC 线分布的矿石 3. 沿 BC 线分布的矿石

过去认为金顶矿床的铅来自上地幔,其主要依据是该矿床具有低而均一的铅同位素组成。的确,图3中绝大部分样品位于造山带铅演化线以下。但是,在圈定了区域上地幔和上地壳铅分布范围的情况下,图3反映的信息使我们对上地幔提供铅的结论产生了怀疑:①金顶矿床的铅同位素组成并不均一,三分之一的样品为富放射成因铅, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 三组同位素比值分别为 18.394 ~ 18.600, 15.585 ~ 15.767 和 38.321 ~ 39.046, 具有低同位素比值的样品其 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 三组同位素比值变化范围都很大,分别为 18.138 ~ 18.552, 15.345 ~ 15.552 和 37.803 ~ 38.443;②样品呈不具等时性的线性分布,这使我们相信,铅的来源不是单一的;③56 个样品可以分为两组,一组具有较高的同位素比值,分布于造山带铅演化线及其以上,位于区域上地壳铅范围内,可以认为,这部分样品的铅的主要来自区域地层;另一组具有较低的同位素比值,位于造山带铅演化线以下;④上述第二组样品尽管有一部分位于区域上地幔铅范围内,但样品的整体展布方向与区域上地幔铅范围的轴向极不一致。我们认为,具有最低同位素比值即位于图3中最下方样品的铅受区域地层铅的污染最少。显然,这部分铅的主体更象是下地

壳来源的铅;⑤图中一部分样品(包括前述第一组样品)沿 AC 线分布,另一组样品沿 BC 线分布,两条直线相交于 C 点,沿 BC 分布的样品基本上都位于滇西上地幔铅范围以下,且靠近下地壳铅演化线,呈线性分布说明这部分铅并非全部为下地壳铅,而是仍有少量上地壳铅混入,而 C 点所代表的同位素组成才可能是下地壳铅的最初来源。

由此可以得出这样一个结论:金顶矿床的铅并非来自上地幔,铅的主体来自下地壳,不同程度地混入了上地壳铅。这一结论也得到了该矿床不存在幔源氩、幔源硫及幔源锶等地球化学证据的支持。

3.2 金满铜矿床铅的来源

金满铜矿床为产于中侏罗统花开佐组地层中的脉状矿床,矿体受断裂构造控制。该矿床已有相当多的研究积累,李峰等^[26]和何明勤等^[27]认为属改造成因,成矿物质来自地层,颜文等^[28]认为该矿床属陆相热水沉积成因,从而将其确定作为一种新类型铜矿床,季宏兵等^[12]认为上地幔为该矿床提供了部分成矿物质,可见该矿床成矿物质的来源,也是一个有争议的问题。

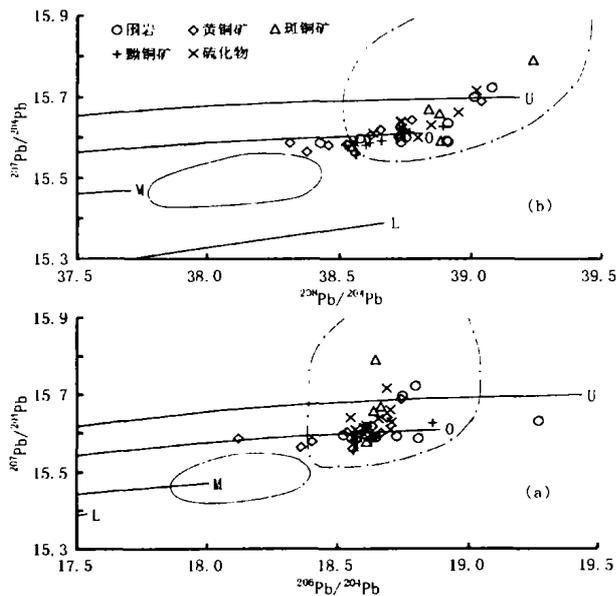


图 4 金满铜矿床的铅同位素组成^[29]

Fig. 4. Pb isotopic composition of the Jinman Cu deposit.

将金满铜矿床的铅同位素组成与滇西上地幔和上地壳两个端元的铅同位素组成进行对比,则如图 4 所示,不同矿物有基本相同的铅同位素组成,且与矿区地层的铅同位素组成一致。几乎所

有样品都沿造山带铅演化线分布或位于该演化线上方,并且绝大部分样品都位于兰坪盆地上地壳铅范围内。

总体上看,金满矿床的铅主要由盆地内沉积岩提供。从图 4 可以看出,部分黄铜矿具有较低的铅同位素比值,它们位于兰坪盆地沉积岩铅范围左侧,所谓上地幔来源的铅也就是依靠这种样品的铅同位素组成来判断。事实上,这些样品都沿造山带铅演化线分布,它们并未进入滇西上地幔铅范围;却显示与矿区内部分砂泥质岩石的铅同位素组成一致。因此,我们认为,金满铜矿可能没有上地幔来源的铅,铅主要来自盆地内的沉积岩。

3.3 羊拉铜矿床的铅同位素组成及铅的来源

羊拉铜矿床位于盆地北缘的德钦县羊拉乡金沙江边,处于“三江”中段中咱地块与江达-维西火山弧之间的金沙江结合带中部,潘家永等^[15]和成明国等^[30]对该矿床的地质特征作过详细报道。矿区地层为二叠系嘎金雪山群,为一套巨厚的洋盆沉积物,岩性为海相碎屑岩、碳酸盐岩和中基性-基性火山岩,印支期中一酸性岩浆岩发育,成岩年龄为 208 ~ 227 Ma。层状铜矿体产于二叠系玄武岩—安山岩及碎屑岩内,脉状矿体产于花岗闪长岩体与围岩的接触带部位,矿床有用组分为铜。层状矿体的成因,据广泛发育的热水沉积硅质岩的地球化学特征被认为属海底热水沉积成因,成矿时代为 272 Ma^[16]。

羊拉铜矿床的铅同位素组成如图 5 所示。对于热水沉积成因的层状矿体,硫化物(黄铜矿、黄铁矿)的铅同位素组成($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 17.985 \sim 18.526$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.434 \sim 15.535$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 37.833 \sim 38.358$)与新鲜玄武岩的铅同位素组成($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.056 \sim 18.269$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.464 \sim 15.481$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.097 \sim 38.264$)一致,都与滇西地区基性-超基性岩中斜长石等单矿物的铅同位素组成一致,在图 5 中落在上地幔铅范围内,说明这部分铅来自上地幔;矿区沉积岩除大理岩具有与热水沉积硅质岩相近的铅同位素组成外,其它碎屑岩类含有很高的放射成因铅,矿石铅明显与其无关;岩浆岩铅同位素组成是测定长石和全岩得到, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.368 \sim 18.461$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.610 \sim 15.673$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.652 \sim 38.889$,与层状矿石明显不同,且比脉状矿石($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} =$

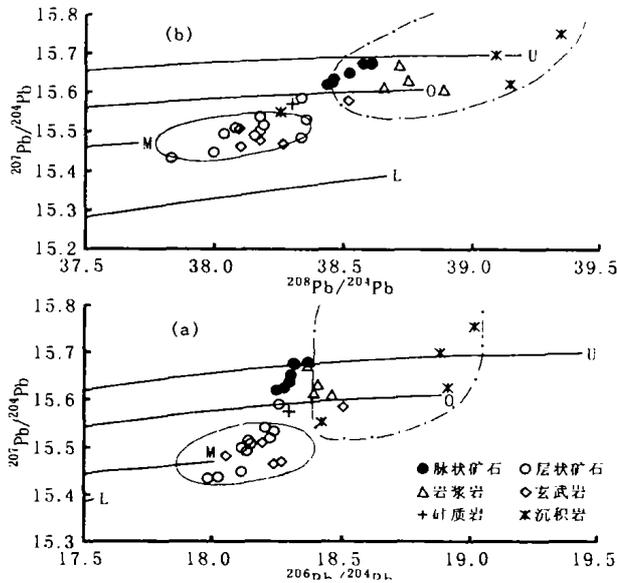


图 5 羊拉铜矿床铅同位素组成(本文资料)

Fig. 5. Pb isotope composition of the Yangla Cu deposit.

18.249 ~ 18.369, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.622 \sim 15.680$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.435 \sim 38.611$) 略微富 ^{206}Pb 和 ^{208}Pb , 但二者接近, 由此看来, 脉状矿体的铅的主体来自岩浆作用。另外, 在图 5 中, 岩浆岩及脉状矿石铅都进入盆地沉积岩铅范围, 可能反映羊拉矿区的岩浆岩都是地壳物质重熔的产物, 同时, 地层中的铅、早期热水沉积带来的幔源铅和硅质岩 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.279$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.575$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.302$) 及大理岩 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.423$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.554$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.255$) 中的铅或多或少也都有进入脉状矿石的机会。

3.4 产于盆地沉积岩中的其它脉状矿床的铅同位素组成及铅的来源

本文所列出的其它 11 个产于盆地内部沉积岩断裂带中的脉状多金属矿床包括白洋厂、科登洞、富隆厂、水泄和帕瓦山铜矿床(点), 菜子地、南佐、三山、甸尾桥、瑶家山铅锌矿床(点)及白秧坪银矿床。其中, 白秧坪银矿达大型规模, 水泄铜矿达中型规模, 其余为小型规模或矿点。这些矿床(点)都产于盆地内部中生代地层中, 矿体沿断裂构造充填形成, 以脉状为主。它们的基本地质特征详见罗君烈等^[9]、杨兴裕^[31]、田洪亮^[32]的研究。

图 6 为上述矿床(点)的铅同位素组成。显

然, 这些矿床的铅同位素组成与金顶、羊拉矿床不同, 所有样品的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值都大于 18.400, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值大于 15.550, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值大于 38.500。所有 11 个矿床具有基本相同的铅同位素组成, 都为富放射成因铅, 位于造山带铅演化线及其以上的大范围内, 且所有样品都落在盆地上地壳沉积岩铅范围内, 说明这些矿床的铅是由盆地内沉积岩提供的。

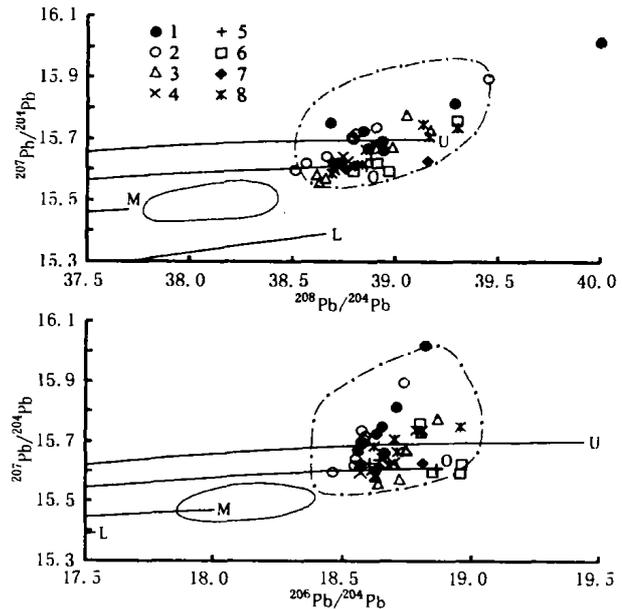


图 6 沉积岩中脉状多金属矿床的铅同位素组成

Fig. 6. Pb isotopic composition of the polymetallic deposits hosted in sedimentary rocks.

1. 白洋厂铜矿 2. 菜子地铅锌矿 3. 南佐铅锌矿 4. 三山铅锌矿 5. 白秧坪银矿 6. 科登洞铜矿 7. 富隆厂铜矿 8. 其它
(资料来源: 1-3 据罗君烈等^[9], 4-8 为本文资料)

从图 6 还可以看出, 白洋厂、菜子地、南佐等矿床的样品都具有线状排列的特点, 作为上地壳铅, 却不位于 Zartman 等上地壳铅 0 Ma 附近。一方面可能预示着这些矿床的铅并非来自某套单一地层, 另一方面说明铅可能主要来自较老的地层而非来自矿体的围岩, 金满铜矿可能也存在这种情况。由于矿床的形成方式以简单的断裂充填为主, 尤其是一些小型矿床, 充填成矿是一次性的, 许多矿点矿体甚至是单脉型, 成矿温度较低(一般 $< 220\text{ }^{\circ}\text{C}$), 围岩蚀变微弱, 因此, 成矿物质就地取材于围岩的可能性不大, 而应以盆地内较老(从前寒武系变质岩到古生代)的地层铅为主。

4 结 论

盆地内多金属矿床铅的来源主要有以下几种:①金顶铅锌矿床铅的主体来自下地壳,并与盆地上地壳沉积岩铅不同程度地混合,而不是过去认为的上地幔铅;②羊拉铜矿床两种类型矿体有着各自不同的铅源,早期热水沉积层状矿体的铅来自上地幔,铅的来源与赋矿围岩玄武岩的喷发

有关,晚期形成的脉状矿体铅主要来自中、酸性岩浆作用,由于矿区岩浆岩为地壳物质重熔的产物,因此,铅同位素组成亦显示地壳铅的特点;③盆地内其它产于沉积岩断裂带中的脉状多金属矿床,铅同位素组成与盆地上地壳沉积岩的铅同位素组成完全一致,显示铅来自盆地沉积岩。

向矿床提供铅的沉积岩,可能性最大的是由包括前寒武系变质岩及古生代地层构成的盆地基底。

参 考 文 献

- [1] 张玉泉,谢应雯,涂光炽,袁牢山—金沙江富碱侵入岩及其与裂谷构造关系初步研究[J]. 岩石学报,1987,(1):17~25.
- [2] 钟大赉,等. 滇川西部古特提斯造山带[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [3] 王立全,潘桂堂,李定谋,等. 金沙江弧-盆系时空结构及地史演化[J]. 地质学报,1999,73(3):206~218.
- [4] 李光勋. 兰坪盆地某些逆冲推覆构造研究[J]. 云南地质,1994,13(2):203~212.
- [5] 吕伯西,段建中,潘长云. 三江地区花岗岩类及其成矿专属性[M]. 北京:地质出版社,1993,70~262.
- [6] 涂光炽,等. 中国层控矿床地球化学(第一卷)[M]. 北京:科学出版社,1984.
- [7] 白嘉芬,王长怀,纳荣仙. 云南金顶铅锌矿床地质特征[J]. 矿床地质,1985,4(1):1~10.
- [8] 尹汉辉,范蔚若,林舸. 云南兰坪—思茅地洼盆地矿化的深部因素及幔-壳复合成矿作用[J]. 大地构造与成矿学,1990,14(2):113~124.
- [9] 罗君烈,杨友华,赵准. 滇西特提斯的演化及主要金属矿床成矿作用[M]. 北京:地质出版社,1992,157~214.
- [10] 王京彬,李朝阳. 金顶超大型铅锌矿床 REE 地球化学研究[J]. 地球化学,1991,(2):359~365.
- [11] 肖荣阁,李朝阳. 云南兰坪啦井温泉喷流沉积矿化体的发现及其地质意义[J]. 地质论评,1993,39(1):73~78.
- [12] 季宏兵,李朝阳. 兰坪金满铜矿床地质地球化学特征及成因机理[A]. 欧阳自远,彭汝明. 矿物岩石地球化学新探索[M]. 北京:地震出版社,1993,208~209.
- [13] 王太平. 云南省金顶铅锌矿床地球化学特征[J]. 地质研究,1988,(2):36~38.
- [14] Hu Ruizhong, Turner G and Burlard P G, et al. Helium and argon isotopic geochemistry of Jinding superlarge Pb-Zn deposit[J]. *Science in China (Series D)*, 1998,41(4):442~448.
- [15] 潘家永,张乾,李朝阳. 滇西羊拉铜矿稀土元素地球化学[J]. 矿物学报,2000,20(1):44~49.
- [16] 潘家永,张乾,李朝阳. 滇西羊拉铜矿床的稳定同位素地球化学研究[J]. 矿物学报,2000,21(4):385~389.
- [17] 涂光炽. 关于富碱侵入岩[J]. 矿产与地质,1989,13(3):1~4.
- [18] 赵振华,周玲棣. 我国某些富碱侵入岩的稀土元素地球化学[J]. 中国科学(B辑),1994,24(10):1109~1120.
- [19] 张玉泉,谢应雯. 袁牢山—金沙江富碱侵入岩年代学和 Nd、Sr 同位素特征[J]. 中国科学(D辑),1997,27(4):289~293.
- [20] 边千韬. 地球壳幔结构构造与老王寨超大型金矿床形成关系探索[J]. 中国科学(D辑),1998,28(4):303~309.
- [21] 邓万明,黄萱,钟大赉. 滇西新生代富碱斑岩的岩石特征与成因[J]. 地质科学,1998,33(4):412~425.
- [22] 刘显凡,战新志,高振敏,等. 云南六合深源包体与富碱斑岩成岩成矿的关系[J]. 中国科学(D辑),1999,29(5):413~420.
- [23] Zartman R E and Doe B R. Plumbotectonics—the model[J]. *Tectonophysics*, 1981,75:135~162.
- [24] 李兴振,杜德勋,王义昭. 盆山转换及其成矿作用[J]. 特提斯地质,1998,(22):1~15.
- [25] 张乾. 云南金顶铅锌矿床成因研究[J]. 地质找矿论丛,1991,6(2):47~58.
- [26] 李峰,甫为民,冉崇英. 兰坪金满铜矿床成矿物质来源研究[J]. 昆明工学院学报,1992,17(4):8~15.
- [27] 何明勤,宋焕斌,冉崇英,等. 云南兰坪金满铜矿床改造成因证据[J]. 地质与勘探,1998,34(2):13~15.
- [28] 颜文,李朝阳. 一种新类型铜矿床的地球化学特征及其热水沉积成因[J]. 地球化学,1997,26(1):55~63.
- [29] 刘家军. 兰坪-思茅盆地红色碎屑岩建造中铜矿床的陆相喷流作用[D]. 中国科学院地球化学研究所,1998.
- [30] 战明国,路远发,陈式房,等. 滇西北羊拉大型铜矿床形成条件及其成因类型[J]. 矿床地质,1998,17(增刊):183~186.
- [31] 杨兴裕. 永平水泄铜矿床地质特征[J]. 云南地质,1993,12(4):352~356.
- [32] 田洪亮. 兰坪白秧坪铜多金属矿床地质特征[J]. 云南地质,1997,16(1):105~108.

**LEAD ISOTOPIC COMPOSITION AND LEAD SOURCE OF
POLYMETALLIC DEPOSITS IN THE LARGE ORE-ASSEMBLY
DISTRICT IN THE LANPING BASIN**

Zhang Qian Liu Jiajun Shao Shuxun Liu Zhihao

(*Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002*)

Abstract: There have been discovered many Cu-Pb-Zn-Ag deposits in the Lanping Mesozoic-Cenozoic terrestrial basin in western Yunnan, such as the Jiding super-large Pb-Zn deposit, the Baiyangping large Ag deposit, the Yangla large Cu deposit, the Jingman and Shuixie Cu deposits, etc. The basin then became a large-scale ore-forming region characterized by younger ore-forming age, larger ore reserve and polymetallic type. The deposits distributed at the boundaries of the basin are related to volcanism and the deposits within the basin are all hosted in sedimentary rocks from Mesozoic to Cenozoic in age. The Cu deposits are distributed along the east wall of the Lancangjiang large fault zone, and the Pb-Zn-Ag deposits in the middle of the basin. There are three lead sources for the different types of the deposits in the ore district: ① Lead in the Jinding Pb-Zn deposit was derived mainly from the lower crust, ② lead in the Cu-Pb-Zn vein deposits controlled by the fault within the basin was derived from the basement of the basin, and ③ the Yangla Cu deposit has two sources of lead, upper mantle and crust rock-remelting magmatism.

Key words: large-assembly ore district; polymetallic deposit; Pb isotopic composition; lead source; Lanping Basin; western Yunnan