

文章编号:1008-0244 (2002) 03-0001-06

滇西地区上地幔铅同位素组成的确定及其应用

张 乾¹, 潘家永^{1,2}, 刘家军¹, 邵树勋¹, 刘志浩¹

(1. 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放研究实验室, 贵州 贵阳 550002;

2. 南京大学地球科学系内生金属矿床成矿作用国家重点开放实验室, 江苏 南京 210093)

摘 要:滇西地区基性-超基性岩、碱性岩中的长石、石榴子石、橄榄石等单矿物及羊拉铜矿区二叠世海相玄武岩的铅同位素组成可以代表原始地幔的铅同位素组成, 由此确定的该区上地幔铅同位素组成变化范围为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 17.877 \sim 18.506$, 平均 18.108, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.470 \sim 15.587$, 平均 15.479, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 37.797 \sim 38.567$, 平均 38.177。研究发现, 由于受地壳物质的混染和成岩后 U、Th 衰变产生的放射成因铅的影响, 这些幔源岩石全岩铅同位素组成已不能代表原始上地幔的铅同位素组成; 金顶铅锌矿床的铅并非上地幔来源, 而是相当于下地壳来源的铅与兰坪盆地沉积岩铅二者的混合铅。

关键词:基性-超基性岩; 碱性岩; 上地幔; 多金属矿床; 铅同位素组成; 滇西

中图分类号: P597+.2; **文献标识码:** A

地处滇西北的兰坪盆地是我国中-新生代陆内沉积盆地, 以产出大量铜、铅、锌、银矿床而成为具有特殊成矿地质背景的大型矿集区, 其中有我国唯一上千万级铅锌金属量的金顶超大型铅锌矿床以及众多铜、银矿床。不少研究者曾认为, 金顶铅锌矿床的铅来自上地幔^[1,2]; 金满、大平掌、羊拉等铜矿床也都有上地幔来源的成矿物质参与成矿^[3-5]。提出上述结论的最主要依据之一是在这些矿床中, 全部或部分矿石铅同位素组成看上去具有低而均一的同位素比值。由于滇西地区尚未获得上地幔的铅同位素组成, 矿石铅无法直接与地幔铅对比。因此, 这些矿床铅的来源是否为上地幔一直存在疑问。基于此, 我们认为确定该地区上地幔的铅同位素组成并与相关矿床对比才是解决区内多金属矿床成矿物质是否来自上地幔的关键。

滇西地区分布有众多的基性-超基性岩和碱性岩体, 许多学者都认为它们是上地幔岩浆作用的产物^[6-12]。碱性岩体中常见石榴透辉岩、石榴辉石岩、辉石岩、辉长岩等深源包体, 邓万明

等^[13]、刘显凡等^[14]对这些深源包体进行了铅同位素组成研究, 但研究对象以全岩为主。由于碱性岩受地壳物质的混染和成岩后放射性元素的影响, 全岩铅不能代表源区的铅同位素组成。作者以上述幔源岩石中的主要造岩矿物及部分玄武岩为对象, 初步确定了滇西地区上地幔的铅同位素组成, 并将其应用于部分矿床效果良好。

1 样品及分析方法

1.1 样品采集及处理

由于地幔岩浆在侵入及结晶成岩过程中总要受到地壳物质的混染, 岩石形成后放射性元素衰变产生的铅难免要与原有的铅混合, 同时滇西地区的一些基性-超基性岩都有不同程度的蚀变。因此, 全岩铅同位素组成一般不能代表地幔源区的原始铅同位素组成。

为了确定区域上地幔的铅同位素组成, 我们从哀牢山地区、剑川、洱海东部、丽江、中甸、永平等地采集了基性-超基性岩, 岩性包括辉长岩、辉绿岩、斜长岩、橄榄岩、石榴子石橄榄岩, 同时采集了剑川、六合、北衙、姚安等地碱性岩中的斜长岩、辉长岩包体(图 1), 这些岩石的侵入时代一般为中生代晚期至新生代, 其时代为 30~90 Ma^[9,10], 其岩性特点见表 1。经显微镜下鉴定, 挑选出新鲜未蚀变的样品, 从中提纯出长石、石榴子石和橄

收稿日期: 2002-01-31; 修回日期: 2002-05-20

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)

第一作者简介: 张乾(1955—), 男, 研究员, 从事矿床地球化学研究。

榄石等矿物。矿物颗粒较大的样品,破碎至 60~80 目,利用重液分选和体视显微镜挑选及检验;矿物颗粒细小的样品,破碎至 100 目以下,分级洗净烘干,利用不同矿物比重及介电性能的差异分选出所需矿物,然后用 X-射线衍射法检验其纯度;碱性斑岩中的大颗粒正长石斑晶,用手选法分离出斑晶中心部位新鲜部分。挑选出的 16 个矿物样品,纯度都在 95% 左右,基本能够满足铅同位素分析的要求。从兰坪盆地北缘的羊拉铜矿区采集了 4 个二叠纪玄武岩样品作全岩铅同位素组成分析。

VG-354 质谱仪和中国地质科学院宜昌同位素研究与测试中心的 MAT-261 质谱仪上进行了铅同位素分析,分析结果见表 1。同位素比值用 NBS-981 标准样重复测定结果($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 16.923 \pm 3$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.467 \pm 3$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 36.733 \pm 6$)所确定的每原子质量 0.1% 的分馏系数进行了校正,分析的总体误差 $< 0.05\%$, Pb 总体空白值小于 1 ng。同一样品在两台仪器上的分析结果接近,误差在 10% 以内。

为了查证全岩、长石、石榴石和橄榄石样品中 U、Th 对铅同位素组成的影响,我们用 ICP-MS 测定了这些样品的 U、Th 和 Pb 含量,检出限为 1×10^{-6} 。分析结果显示,4 件玄武岩含 Pb ($10 \sim 20$) $\times 10^{-6}$, U、Th 含量均为 $(1 \sim 2) \times 10^{-6}$,长石、石榴石、橄榄石单矿物样品含 Pb ($18 \sim 28$) $\times 10^{-6}$,橄榄石含 Pb ($8 \sim 11$) $\times 10^{-6}$, U、Th 低于 1×10^{-6} 。这些岩石成岩时代多为中、新生代。因此,岩石形成后放射性元素衰变产生的放射成因铅可以忽略,后文的解释中直接采用测定结果。

2 滇西地区上地幔铅同位素组成的确定

由表 1 的分析结果可以看出,长石、榴子石、橄榄石这些基性-超基性岩的主要造岩矿物具有非常均一的铅同位素组成,16 个样品的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 三组同位素比值分别为 17.877~18.353, 15.465~15.523, 37.797~38.414, 极差分别为 0.476, 0.058, 0.617;姚安和北衙碱性岩中正长石斑晶也具有与基性-超基性岩中上述造岩矿物一致的铅同位素组成。羊拉铜矿区 3 个未蚀变玄武岩样品的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 三组同位素比值分别为 18.056~18.506, 15.470~15.587, 38.103~38.567, 极差分别为 0.450, 0.117, 0.464, 与前两组样品的同位素组成非常接近。既然这些岩石本身是上地幔岩浆作用的产物,那么我们就可以认为,这些造岩矿物及玄武岩的铅同位素组成就有可能代表滇西地区中、新生代以来上地幔的铅同位素组成,其变化范围为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 17.877 \sim 18.506$, 平均 18.108, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.470 \sim 15.587$, 平均 15.479, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 37.797 \sim 38.567$, 平均 38.177。

上述不同地点、不同岩性样品的铅同位素组成在 Zartman 等^[15]的铅构造图上(图 2),都位于地

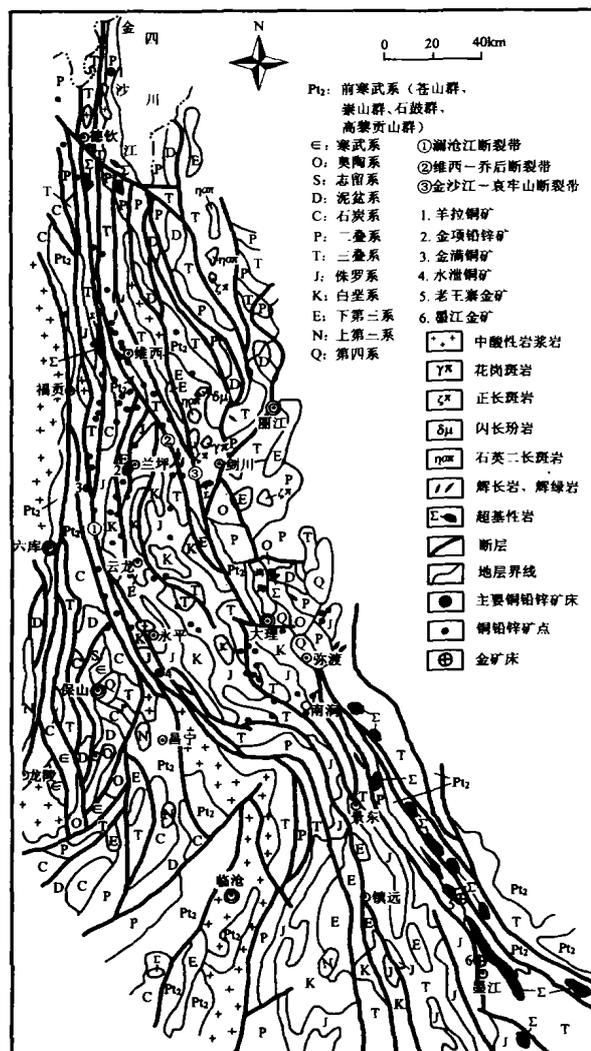


图 1 滇西地区地质及兰坪盆地矿床分布略图
Fig. 1. Geological sketch map showing the distribution of ore deposits in the Lanping Basin, western Yunnan.

1.2 分析方法及结果

为了得到可靠的分析结果,样品经化学前处理后,分别在中国科学院地质研究所同位素室

幔铅演化线上或沿该演化线的延长方向分布,勾画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,以现有的资料在图 2 中圈出的实线区域大致可以代表晚古生代以来滇西地

区上地幔的铅同位素组成。张理刚^[16]认为,Zartman 等的铅构造模式中,²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb-²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 图不适合中国大陆铅的演化,因此在图 2 中我们给出了²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb-²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 图。

表 1 滇西地区地幔铅同位素组成

Table 1. Lead isotopic composition of the mantle, western Yunnan

| 产地 | 样品号 | 岩石类型 | 测定对象 | ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb (2σ) | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb (2σ) | ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb (2σ) |
|-------|--------|------------------|------|---|---|---|
| 德钦一中甸 | 83DX-1 | 辉石橄榄岩 | 斜长石 | 18.167 (3) | 15.498 (2) | 38.366 (4) |
| | 83DX-2 | 辉石橄榄岩 | 斜长石 | 18.353 (2) | 15.507 (2) | 38.414 (5) |
| | 83DX-3 | 辉长岩 | 斜长石 | 17.936 (3) | 15.404 (3) | 38.225 (4) |
| 剑川 | JC-4 | 正长斑岩中的辉长岩包体 | 斜长石 | 18.142 (3) | 15.463 (3) | 38.231 (4) |
| | JC-5 | 正长斑岩中的斜长岩包体 | 斜长石 | 17.977 (4) | 15.398 (2) | 38.183 (4) |
| 六合 | 83BY40 | 霓辉正长斑岩中的石榴石辉石岩包体 | 石榴石 | 17.877 (2) | 15.465 (1) | 37.797 (3) |
| | 83BY41 | 霓辉正长斑岩中的斜长岩包体 | 斜长石 | 18.272 (4) | 15.519 (3) | 38.411 (6) |
| 北衙 | 83BY27 | 正长斑岩中的石榴石辉石岩包体 | 石榴石 | 18.133 (3) | 15.476 (1) | 38.268 (4) |
| 云龙 | 82RH43 | 辉长岩 | 斜长石 | 17.913 (2) | 15.468 (2) | 38.314 (5) |
| | 82RH44 | 辉长岩 | 斜长石 | 18.212 (4) | 15.488 (2) | 37.933 (5) |
| | 82RH45 | 辉长岩 | 斜长石 | 18.109 (4) | 15.492 (3) | 38.095 (4) |
| 老王寨 | 95AL-1 | 二辉橄榄岩 | 橄榄石 | 18.069 (3) | 15.508 (2) | 38.073 (6) |
| | 95AL-3 | 二辉橄榄岩 | 橄榄石 | 18.131 (4) | 15.491 (4) | 38.156 (6) |
| 墨江 | 95JC-1 | 蚀变橄榄岩 | 橄榄石 | 17.990 (6) | 15.467 (3) | 38.005 (8) |
| | 95JC-2 | 蚀变橄榄岩 | 全岩 | 18.460 (6) | 15.543 (4) | 38.520 (7) |
| 姚安 | 82YA31 | 正长斑岩 | 正长石 | 18.009 (3) | 15.523 (1) | 38.152 (5) |
| 北衙 | 83BY8 | 正长斑岩 | 正长石 | 18.216 (2) | 15.511 (2) | 38.204 (4) |
| 羊拉 | yn133 | 玄武岩 | 全岩 | 18.260 (4) | 15.470 (2) | 38.264 (6) |
| | yn129 | 玄武岩 | 全岩 | 18.056 (5) | 15.481 (3) | 38.177 (6) |
| | yn127 | 玄武岩 | 全岩 | 18.239 (4) | 15.464 (2) | 38.103 (5) |
| | yn124 | 蚀变玄武岩 | 全岩 | 18.506 (5) | 15.587 (3) | 38.567 (8) |

注:括号内的数值为测定误差(2σ)。

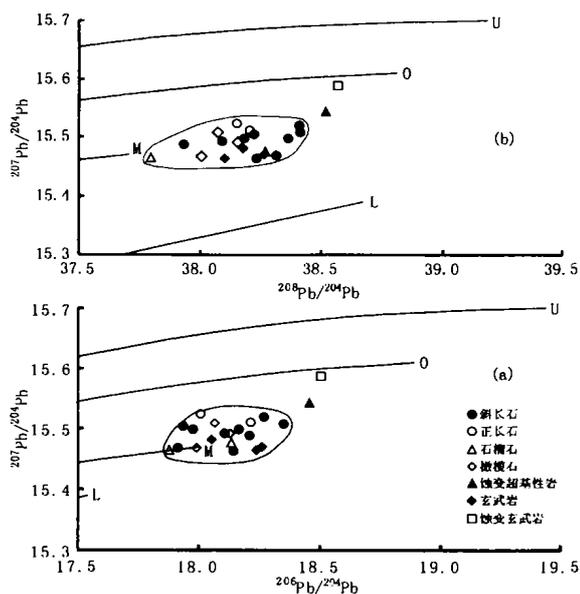


图 2 滇西地区上地幔的铅同位素组成铅演化线 (据 Zartman 等^[15])

Fig. 2. Lead isotopic composition of the mantle, western Yunnan.

M. 上地幔铅; L. 下地壳铅; O. 造山带铅; U. 上地壳铅

从图 2 可以看出,羊拉铜矿区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未蚀变样品相比,铅同位素比值明显增高,样品投点偏向造山带铅,这种变化可能意味着蚀变过程中有高放射成因或其它来源铅的加入。

3 滇西上地幔铅同位素组成的地质意义及应用实例

滇西地区上地幔铅同位素组成的确定有两个方面的意义。其一,区内广泛存在的幔源碱性-超基性岩、碱性岩及中、基性火山岩,全岩铅同位素组成与上地幔铅同位素组成对比,可以确定这些岩石受地壳铅污染的程度,对探索该区构造-岩浆演化具有实际意义;其二,滇西地区拥有丰富的铜铅锌银等矿产资源,许多大中型矿床的成矿物质来源问题,长期以来争论不休,上地幔铅同位素组成的确定对研究区内矿床铅的来源提供了直接的对比依据。

3.1 上地幔铅同位素组成在滇西碱性侵入岩中的应用

滇西上地幔铅与区内碱性岩全岩的铅同位素组成关系如图3所示,后者数据全部取自刘显凡等^[17]。从图3可以看出,碱性岩绝大多数样品都离开上地幔铅区域,向上地壳铅方向偏离。由此得出结论,尽管碱性岩的主体来自地幔,由于地壳铅的混染和成岩后少量放射成因铅的加入,全岩的铅同位素组成已无法反映上地幔的原始铅同位素组成。而在以前的研究中,认为全岩铅同位素组成能够代表上地幔铅^[14]的认识是不正确的。

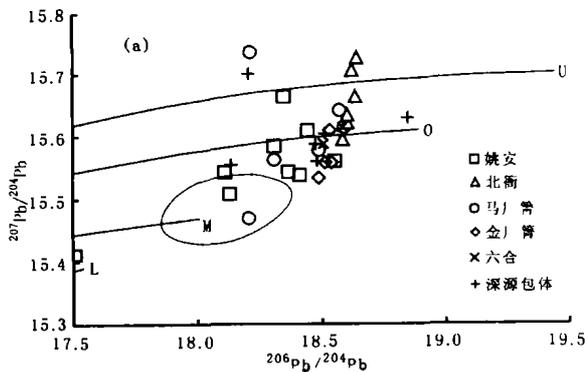


图3 滇西地区上地幔铅与碱性岩全岩铅的关系 (铅演化线据 Zartman et al^[15];图中各岩体同位素组成据刘显凡^[17]资料)

Fig. 3. Relationship between upper mantle lead and whole alkaline rock lead in western Yunnan.

M. 上地幔铅; L. 下地壳铅;

O. 造山带铅; U. 上地壳铅; 实线区域为上地幔铅

尽管如此,图3中少数碱性岩样品仍然落在上地幔铅区域内或其附近,同时,样品整体上沿²⁰⁶Pb和²⁰⁷Pb同时增长的方向排列,这意味着:(1)幔源铅与壳源铅及放射性元素衰变产生的放射成因铅并不是等比例混合的,有一部分样品仍保持了上地幔铅的特点;(2)全岩铅同位素组成也能提供部分碱性岩及其深源包体地幔岩浆来源的证据,但其整体代表不了上地幔的铅同位素组成。

3.2 金顶铅锌矿床铅的来源

金顶矿床是我国规模最大的超大型铅锌矿床。该矿床的铅一直被认为是上地幔来源的铅^[1,2]。55个方铅矿样品中,12个为作者最新资料,其余为云南省地质矿产局资料(上地幔铅的依据主要就是这部分铅同位素组成样品)。我们特

意从矿体边缘部位的草莓状黄铁矿及浸染状矿石中提纯出方铅矿7件,铅同位素比值为:²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 18.400 ~ 18.600, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb = 15.612 ~ 15.640, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb = 38.321 ~ 38.660,原有的样品中有10个具有这种铅同位素组成;另外5件样品为块状矿石中的方铅矿,其铅同位素组成为:²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 18.232 ~ 18.321, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb = 15.450 ~ 15.501, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb = 38.174 ~ 38.300,原有大多数样品都具有这样的铅同位素组成。因此,金顶矿床的铅同位素组成,基本上可以分为两类:一类具有较低的铅同位素组成,²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 18.138 ~ 18.552, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb = 15.345 ~ 15.552, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb = 38.803 ~ 38.443,另一类具有较高的铅同位素组成,²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 18.394 ~ 18.600, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb = 15.583 ~ 15.767, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb = 38.321 ~ 39.046。可见,后者的铅同位素比值明显高于前者。

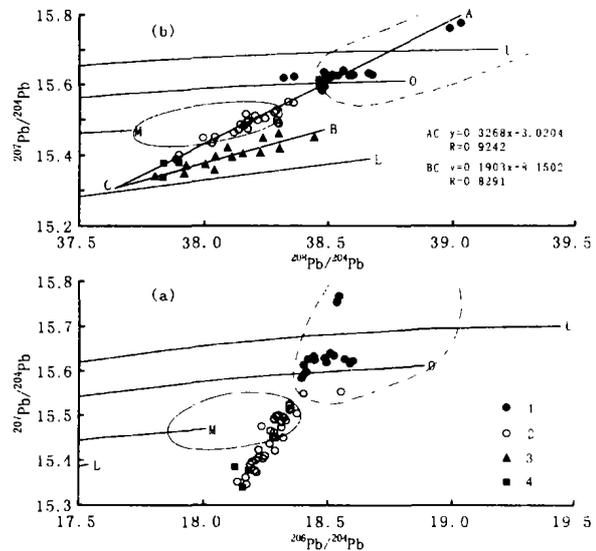


图4 金顶铅锌矿床的铅同位素组成 (铅演化线据 Zartman et al^[15])

Fig. 4. Lead isotopic composition of the Jinding Pb-Zn deposit.

1. 具有高同位素比值的样品,主要为上含矿带及矿体边缘浸染状方铅矿;2~3. 被认为是地幔铅的样品,以深部矿体及块状矿石中方铅矿为主;4. 下地壳岩石包体中的斜长石、石榴石; M. 上地幔铅; L. 下地壳铅; O. 造山带铅; U. 上地壳铅; 实线区域为滇西上地幔铅; 点线区域为兰坪盆地地层铅

从图4中我们可以看出金顶矿床的铅同位素组成与滇西地区上地幔铅的关系。的确,有一部

分方铅矿样品落在上地幔铅区域内。但是,样品整体上呈线性排列(图 4a),展布方向与地幔铅分布范围不一致,且相当一部分样品落在地幔铅区域上方和下方。假定我们拟定的地幔铅范围可靠,那么,如果说铅来自地幔,则至少有两个问题无法解释:(1)为什么矿石铅展布方向与地幔铅范围不协调?(2)地幔铅范围以下那些样品的铅从何而来?

我们以罗君烈等^[2]发表的 42 个和本文测定的 12 个兰坪盆地及其周边从前寒武系到第三系地层岩石样品的铅同位素组成圈定了区域上地壳沉积岩铅同位素组成变化范围(图 4 中点线区域)。图 4 中实心圆样品(前述有较高铅同位素组成的样品)基本上都落在盆地上地壳沉积地层铅同位素组成范围内。应该说,这部分铅主要来自盆地沉积岩。

样品的线性分布可以看出不同来源铅的混合趋势。因此我们认为,金顶矿床的铅有两种来源,一种为盆地沉积地层提供的铅,这部分铅在实心圆代表的样品中比例较高,另一种来源为位于图 4a 最下部或图 4b 中 C 点附近的样品所代表的深源铅。两种来源的铅以不同比例混合造就了图 4 中样品的线状分布格局。在图 4b 中,具有低铅同位素比值的样品分为两部分,一部分沿 AC 线分布(具有高铅同位素比值的样品仅次于 AC 线的上部),另一部分沿 BC 线分布,两条直线相交于 C 点。沿 BC 线分布的样品更靠近下地壳铅演化线,我们从滇西地区碱性岩中的下地壳岩石包体中获得的三个斜长石和石榴石的铅同位素组成为: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.135 \sim 18.187$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.335 \sim 15.388$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 37.836 \sim 38.899$,与图 4 中位于最下部的那部分方铅矿样品具有完全

相同的铅同位素组成。因此推测,深源铅最可能的来源是下地壳或深部具有均一铅同位素组成的某一源区。

矿石 S、C、Sr 同位素组成均显示壳源特征^[1,2],Hu Ruizhong 等^[18]的研究显示,该矿床不存在地幔来源的 He,也为矿石铅并非来自地幔提供了证据。

4 结 论

(1) 滇西地区羊拉铜矿区的玄武岩具有一致且均一的铅同位素组成;基性-超基性岩、碱性岩及深源包体是地幔岩浆作用的产物,其中的长石、石榴石、橄榄石矿物 U、Th 含量低微,铅同位素组成显示幔源铅特点。由此确定的滇西地区上地幔铅区域位于上地幔铅演化线 0 Ma 附近且长轴方向与该演化线一致,铅同位素组成变化范围为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 17.877 \sim 18.506$, 平均 18.108, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.470 \sim 15.587$, 平均 15.479, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 37.797 \sim 38.567$, 平均 38.177。

(2) 滇西地区上地幔铅同位素组成对研究区内岩浆岩的成岩机理及金属矿床矿质来源有实际意义。由于受地壳铅的混染和成岩后 U、Th 衰变产生的放射成因铅的加入,滇西地区碱性岩及其深源包体全岩的铅同位素组成不能代表该区上地幔的原始铅同位素组成,但仍带有地幔铅的信息。

(3) 上地幔铅与金顶铅锌矿床对比,显示出该矿床的铅并非上地幔来源,而是相当于下地壳来源的铅与兰坪盆地沉积岩铅的混合产物,从而使该矿床长期以来悬而未决的铅源问题有了新的认识。

参 考 文 献

- [1] 尹汉辉,范蔚茗,林炯. 云南兰坪—思茅地洼盆地深化的深部因素及幔-壳复合成矿作用[J]. 大地构造与成矿学, 1990, 14(2): 113 ~ 124.
- [2] 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.
- [3] 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[C]. 北京:地震出版社, 1993. 208 ~ 209.
- [4] 钟宏,胡瑞忠,叶造军. 云南大平掌铜多金属矿床硫、铅、氢、氧同位素地球化学[J]. 地球化学, 2000, 29(2): 136 ~ 142.
- [5] 潘家永,张乾,马东升,等. 滇西羊拉铜矿区硅质岩特征及与成矿的关系[J]. 中国科学(D辑), 2001, 31(1): 10 ~ 16.
- [6] 涂光炽. 关于富碱侵入岩[J]. 矿产与地质, 1989, 13(3): 1 ~ 4.
- [7] Eby G N. The A-type granitoids: A review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis [J]. *Lithos*, 1990, 26: 115 ~ 134.
- [8] Turner S P, Foden I D, Morrison R S. Derivation of some A-type magmas by fractionation of basaltic magma: an example from the Padthaway Ridge, South Australia[J]. *Lithos*, 1992, 28: 151 ~ 179.

- [9] 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.
- [10] 张玉泉,谢应雯.哀牢山—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.
- [11] 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.
- [12] 徐平,贾秀琴,钱青,等.云南金平县镁铁-超镁铁岩岩床群的地球化学特征[J].地质科学,1999,34(2):233~241.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Zartman R E, Doe B R. Plumbotectonics—The model. *Tectonophysics*, 1981, 75, 135-162.
- [16] 张理刚.铅同位素地质研究现状及展望[J].地质与勘探,1992,28(4):21-29.
- [17] 刘显凡.富碱斑岩型多金属矿床成矿地球化学机制研究[D].贵阳中国科学院地球化学研究所,1999,41~64.
- [18] Hu Ruizhong, Tumer G, 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.

DETERMINATION AND APPLICATION OF THE UPPER MANTAL LEAD COMPOSITION IN WESTERN YUNNAN

Zhang Qian¹, Pan Jiayong^{1,2}, Liu Jiajun¹, Shao ShuXun¹, Liu Zhihao¹

(1. Open Lab. of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002; 2. State Key Laboratory for Mineral Deposit Research, Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract

Based on the minerals plagioclase, garnet and olivine from basic-ultrabasic rocks, alkaline rocks, and basalts from the Yangla copper deposit in western Yunnan, the lead isotopic composition of the mantle in the region studied was determined. The $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ values vary from 17.877 to 18.506 with an average of 18.108, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ratios from 15.470 to 15.587 with an average of 15.479, and $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ values from 37.797 to 38.567 with an average of 38.177. Because of the contamination of crustal lead and the influence of radioactive lead derived from decay of U and Th after crystallization of the rock, the lead isotopic composition of the whole rock is different from that of the upper mantle. The mantle lead isotopic background determined thereby is of significance in constraining the origin of magmatic rocks and the lead source of ore deposits in the region. By the way, the authors discovered that lead in the Jinding Pb-Zn deposit is not the upper mantle lead, it may be derived from the lower crust and sedimentary rocks in the Lanping Basin.

Key words: basic-ultrabasic rock; alkaline rock; upper mantle; polymetallic deposit; lead isotopic composition; western Yunnan