

古代铜鼓矿料来源的铅同位素考证

万辅彬 姚舜安 李世红 鲁冀邕

(广西民族学院物理系科技史研究室)

彭子成

蒋廷瑜

(中国科学技术大学地球和空间科学系)

(广西壮族自治区博物馆)

本文运用铅同位素比值法,对广西三种类型古代铜鼓的矿料来源进行了考证。测试了 95 个样品,以充分的实验事实说明北流型和灵山型铜鼓的矿料来自北流铜石岭及其周围一带。广西出土的冷水冲型铜鼓铅同位素分布场大致可分为三个区域,其中 II, III 两个区域已找到对应的矿料来源。但 I 区尚未在广西找到矿料来源。可能这些铜鼓是在广西以外的地区铸造,后来再传入广西的,这一问题尚需进一步研究。

铜鼓是我国南方古代少数民族创造的历史文物,主要分布在我国南方和东南亚各国,已流传 2800 多年。中外考古学家、科技史专家对铜鼓这种国际性文物的研究十分重视。关于铜鼓的分类、纹饰、族属以及铸造技术等已发表了不少论著,但铜鼓的矿料来源问题前人尚未涉及。这一难题的解决对于探寻各类铜鼓的铸造遗址、族属核定、传播路线都有很重要的意义。

北流型铜鼓、灵山型铜鼓和冷水冲型铜鼓主要出土于广西。本文运用铅同位素比值法研究这三种类型铜鼓的矿料来源。

一、样品的选取

北流型铜鼓主要分布在广西北流、贵县、岑溪、玉林、陆川一带,以北流县出土最多。灵山型铜鼓主要出土于灵山、浦北、横县一带。出土于广西的冷水冲型铜鼓,分布在浔江、郁江和左江流域,而以桂平、平南、藤县最多。

在北流、灵山和冷水冲型铜鼓分布区域内盛产铜、铅和锡矿,可为铸造大量铜鼓提供齐全而充足的矿料^[1]。考古工作者在北流县铜石岭和容县西山等地发现了规模宏大的汉代冶铜遗址^[2],为我们研究广西铜鼓的矿料来源提供了丰富的实物依据与线索。我们在上述三种类型铜鼓的分布区域内广泛采集了以下三个方面的样品:

(1) 采集北流型铜鼓样品 16 个,灵山型铜鼓样品 17 个,冷水冲型铜鼓样品 21 个;

(2) 在 17 个县的大范围内采集了铜矿(包括古代冶铜遗址上的铜矿石)和铅锌矿样品共 37 个;

(3) 采集了古铜锭样品三个,古铅锭样品一个。

二、铅同位素比值法

铜鼓普遍含有铅的成分,这些铅又包含有四种同位素,即 ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb 和 ^{208}Pb 。除 ^{204}Pb 为非放射过程的产物, ^{206}Pb , ^{207}Pb 和 ^{208}Pb 均是放射过程的产物,它们分别由 ^{238}U , ^{235}U 和 ^{232}Th 衰变而来。

矿石铅的形成有三个阶段:第一阶段,在地球形成的最初时刻存在的铅,叫原始铅。在地壳凝固时,同位素组成相同的铅分布于地壳内的所有岩石中;第二阶段,随着岩浆或岩石中铀和钍的放射衰变,产生的同位素 ^{206}Pb , ^{207}Pb 和 ^{208}Pb 加入到原始铅中;第三阶段,在一定的成矿条件下,铅从原来的岩浆或矿液体系中分离出来,脱离了原来的铀、钍体系,形成了矿石铅^[3,4]。自此之后,矿石铅的同位素组成的比例就不再变化,其特征会保持至今。

尽管从矿石铅到成为青铜器合金成分的一部分,要经过冶炼、熔铸,但其铅同位素组成仍保持不变。所以将青铜器的铅同位素组成与各种不同地区的矿石铅的同位素组成进行比较,就可以确定古代青铜器的矿料来源。

用铅同位素比值法来研究属于历史文物范

相对平均变化率均小于 0.5%。铅同位素的变化如此之小,说明这些北流型铜鼓的矿料来源十分集中。

图 1(B) 展示了出土于北流、容县和桂平几处古铜矿、古铜矿渣和古铜锭的铅同位素比值分布图。实验数据表明,北流的两个古铜矿样品(8631, 8639)和一个古铜锭(8638)的铅同位素比值十分接近,容县的两个样品(8663, 8635)也比较接近,而桂平古铜锭(8637)数据与前二组样品的数据有较大差别,可见铅同位素揭示的样品分带性还是有一定规律的。

可喜的是由古铜矿和古铜锭构成的铅同位素分布场几乎覆盖了整个北流型铜鼓的铅同位素分布场[见图 1(B) 和 (A)]. 根据数据分析,可以推断这些北流型铜鼓的铜料来源主要在北流铜石岭和容县一带。

前面已经提到,我们测试的北流型铜鼓中有 7 面属铅锡青铜制品,它们的铅含量为 3.7—21.5%。这些样品中的铅不仅仅是铜矿中的铅,显然是为了改善合金的流动性而加入了铅料。因此这些样品中的铅同位素比值,还要由北流周围地区的含铅矿床来决定。图 1(C) 表示了北流周围地区的 7 个铅锌矿、1 个古铅锭和 1 个古炼铜风管的铅同位素分布场。其 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 的变化范围为 0.8369—0.8643 和 2.079—2.129,相对变化率为 2—3%,比北流型铜鼓及古铜锭等样品的变化范围要大。从图 1(A)、图 1(B) 和图 1(C) 三者的重叠关系可以推断,含铅量高的 7 面铜鼓所用的铅矿料可由图 1(C) 所涉及的地区提供。有意思的是,图 1(B) 并未完全覆盖图 1(A),未被覆盖区

域中的鼓 35 和鼓 115 正是含铅量高的鼓 (Pb 含量分别为 5.5% 和 21.5%),它们的铅同位素是由含铅矿床决定的,而这个未被覆盖的小区域,却又完全被图 1(C) 所覆盖,这正生动地说明了本实验中的 16 个北流型铜鼓的铜、铅矿料均来源于北流及其周围一带的铜矿或铅矿(铅锌矿)。

样品中有一块古铅锭(8636)出土于容县石头乡,与此同时在石头乡还出土了古铜锭(8636),这两个样品的铅同位素比值相差很大,而且“8636”的数据与容县自良铅锌矿“8641”的数据也相差较远。这说明这块铅锭不一定从容县的含铅矿物炼出来,它可能来源于与其铅同位素比值相近的岑溪(8649)或横县(8651)的含铅矿床,如果这点确实,那么邻近地区冶炼出铅锭,再运至北流铜石岭或容县石头乡一带来铸造北流型铜鼓就成为可能。

2. 灵山型铜鼓的铅同位素考证

17 个灵山型铜鼓的铅同位素比值分布也比较集中(见图 1(D)), $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 为 0.8163—0.8596, $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 为 2.090—2.12, 相对变化亦不超过 2%。这些数据如此集中,变化范围如此小,说明它们的矿料来源也相当集中。将这些数据与北流型铜鼓的铅同位素比值的数据对比,我们会发现这两种类型铜鼓的铅同位素比值的分布是十分接近的(见表 1)。

将图 1(D) 与图 1(A) 加以比较,可以清楚地看出,北流型铜鼓铅同位素分布场与灵山型铜鼓铅同位素分布场大部分是重叠的,只有浦 02、浦 01 和鼓 153 稍稍离开北流型铜鼓的分布场,但这三个鼓仍落在北流周围地区含铅

表 1

比较对象	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$			$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		
	变化范围	平均值	相对平均变化率(%)	变化范围	平均值	相对平均变化率(%)
北流型铜鼓(16 面)	0.8414—0.8582	0.8478	<2%	2.087—2.118	2.100	<1%
灵山型铜鼓(17 面)	0.8168—0.8596	0.8507	<2%	2.090—2.112	2.103	<1%

矿床的铅同位素分布场内。这些数据有力地说明，灵山型铜鼓与北流型铜鼓有着相同的矿料来源(见图 1)。

我们在研究北流型铜鼓的矿料来源时，曾着重考察过出土于北流县的五面铜鼓。这五面铜鼓的含铅量恰好都小于 1%。现在我们把灵山型铜鼓中四个含铅量小于 1% 的铜鼓(鼓 335、灵 02、灵 12、浦 05)与上述五面北流型铜鼓进行对比分析。如前所述，这些含铅量低于 1% 的铜鼓属锡青铜制品，其中的铅来自铸鼓的铜、锡矿料。由于锡砂中的含铅量很低，

而且锡青铜制品中锡的配比通常在六分之一以下，所以对于锡青铜鼓来说，铅主要来源于铜矿料。这四个灵山鼓的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 为 0.8456—0.8561，平均值为 0.8483，相对变化小于 1%。将这些数据与北流县出土的五面北流型铜鼓的铅同位素数据比较，我们惊奇地发现它们竟如此相近(见表 2)，这充分说明这两种类型铜鼓有着相同的铜矿来源，而且这个来源就是北流铜石岭及其周围地区。

其他铅含量大于 2% 的铅锡青铜鼓所需铅矿料，与北流型铜鼓的铅矿料来源大体一致，图

表 2

比较对象	含铅量	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$			$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		
		变化范围	平均值	相对平均变化率(%)	变化范围	平均值	相对平均变化率(%)
北流县出土的五面锡青铜鼓	<1%	0.8414—0.8492	0.8463	<0.5%	2.088—2.101	2.097	<0.5%
灵山型四面锡青铜鼓	<1%	0.8456—0.8501	0.8483	<0.5%	2.097—2.101	2.099	<0.1%

1 已有明确的表示。

3. 冷水冲型铜鼓的铅同位素考证

对冷水冲型铜鼓样品的铅同位素分布情况进行分析，我们会得出与前二种类型迥然不同的结论。根据样品的铅同位素分布情况，可将这些冷水冲铜鼓大体上分成三组(即 I, II, III 组)，它们的具体分布场见图 2。

显然，与北流型和灵山型铜鼓相比，冷水冲型铜鼓的铅同位素分布比较分散，远不如前两

者那么集中，这说明冷水冲型铜鼓的矿料来源于几个不同的区域。

在图 3 中，除两个矿物样品外，其余 33 个在广西境内取样的矿物、古铜锭、古铅锭样品，可划分为两个区域(即 IV, V)，它们的铅同位素分布特征见表 3。

将图 3 与图 2 进行对比可以看出，图 3 中的 IV 区，部分地覆盖了图 2 中的 II 区，图 3 中的 V 区则完全覆盖了图 2 中的 III 区(见图

表 3 冷水冲型铜鼓样品和矿物、古铜锭、古铅锭样品的铅同位素分布特征

区域	数量	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	
		变化范围	相对平均变化率(%)	变化范围	相对平均变化率(%)
I	6	0.817—0.825	0.19	2.089—2.098	0.21
II	3	0.844—0.847	0.18	2.089—2.095	0.14
III	11	0.857—0.863	0.35	2.108—2.122	0.33
IV	12	0.832—0.848	0.95	2.087—2.111	0.57
V	21	0.852—0.865	0.76	2.103—2.129	0.61

4). 所以可以认为,分布于 II 区的铜鼓,它们的矿料部分来自 IV 区的矿物,而分布于 III 区的铜鼓矿料则基本上来自分布于 V 区的矿物. 将 I, II, III 区的铜鼓铅同位素分布场与北流型和灵山型铅同位素分布场进行对比,我们发现只有少数冷水冲型铜鼓与北流型铜鼓有相同的矿料来源. 大部分冷水冲型铜鼓的铅同位素分布

在北流型铜鼓铅同位素分布场之外,它们有着不同的矿料来源.

至于图 2 中 I 区的六面铜鼓,在我们这次测试的矿样中,尚未找到与它们对应的矿料. 它们的铅同位素比值具有一定的特征,应该有其特定的来源. 我们查阅了已发表的一些铅同位素资料,有冷水冲型铜鼓分布地区和邻近地区

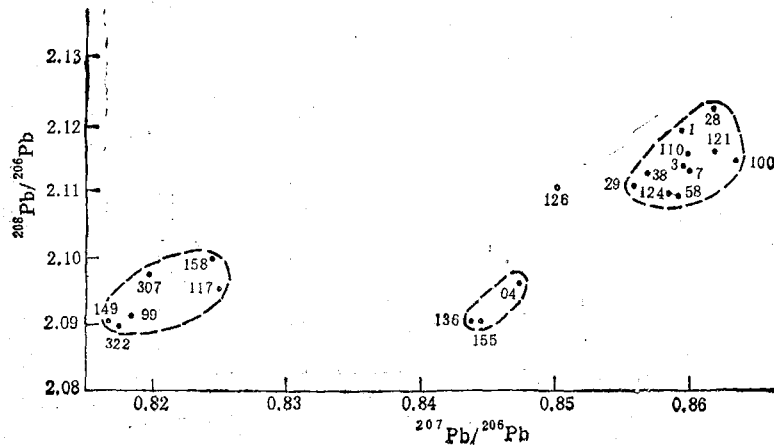


图 2 冷水冲型铜鼓铅同位素分布图

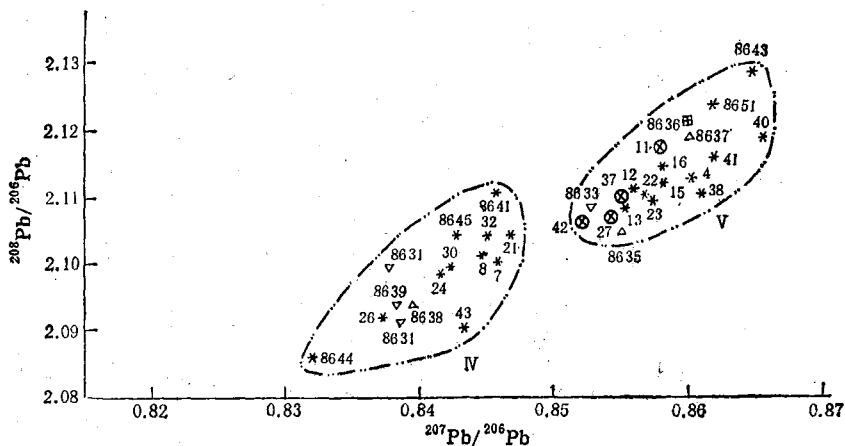


图 3 广西冷水冲型铜鼓分布区域的铅锌矿(*)、古铅锭(⊙)、铜矿(⊗)、古铜矿(▽)、古铜锭(△)的铅同位素分布图

以及周围一些较大矿区(如岭溪佛子冲、南丹大厂、四堡、九毛、泗顶、百色白洋等)的矿物的铅同位素分布,可能这些铜鼓是从出土地点以外的地区传入的.

容县、桂平出土的古铜锭、古铅锭的铅同位素数据落入 V 区,这表明它们是用分布于 V 区的矿物冶炼出来的,然后又用来铸造冷水冲型铜鼓.

北流县铜石岭出土的古铜锭的铅同位素数据落入 IV 区,这表明铸造冷水冲型铜鼓也有可能使用铜石岭的铜料,但正如上面所指出,这只是冷水冲型铜鼓中的少数.

冷水冲型铜鼓分布地区很广,西北至四川,南至越南等东南亚国家都有它的踪迹,所以彻底弄清冷水冲型铜鼓的矿料来源,还需要做大量的工作. (下转第 136 页)