

• 李晓岑 等著 •

by Li Xiaocen, etc.,

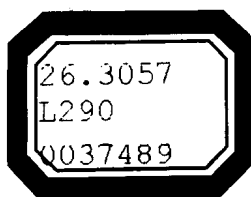


The Chinese Archaeology With Lead-Isotope Analysis

中国铅同位素 考古

云南科技出版社

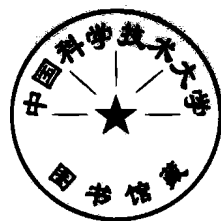
Yunnan Science & Technology Press



本书受 云南省学术著作基金管理委员会 资助
云南省社会科学院出版基金

中国铅同位素考古

李晓岑 等著



云南科技出版社

0037489

图书在版编目 (CIP) 数据

中国铅同位素考古/李晓岑等著.

昆明: 云南科技出版社, 2000.5

ISBN 7-5416-1396-7

I. 中--- II. 李--- III. 铅同位素-考古技术-应用-青铜器(考古)-研究-中国 IV. K876.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 26529 号

书 名: 中国铅同位素考古

作 者: 李晓岑等

出 版 者: 云南科技出版社 [昆明市书林街 100 号/邮政编码 650011]

责任编辑: 王超超 陆 勇

封面设计: 程舟行

印 刷 者: 滇黔桂石油勘探局昆明印刷厂

发 行 者: 云南科技出版社

开 本: 850×1168 1/32

印 张: 3.75

字 数: 96 千

版 次: 2000 年 5 月第 1 版

印 次: 2000 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 1000 册

书 号: ISBN 7-5416-1396-7/K·13

定 价: 9.80

若发现印装错误请与承印厂联系

2001. 3. 6

云南科技出版社

发行部

No. 1906829

序

李志超

我对晓岑的深刻印象是他在科大读研究生时留给我的——他是个很有抱负的白族青年。获得学位后回到家乡工作，在少数民族文化史和科技史领域做得相当好。

本书是属于科技考古学科的专著，是专门讲同位素分析在考古中应用的书。同一课题的书在此前不久有金正耀博士的书，那是科学报告文集。作为综述型专业知识介绍的书，则晓岑的这一本是国内第一部。这些专著的连续出版，说明科技考古学科兴旺发达，成果累累，当然令人高兴。

中国有五十几个少数民族，他们在中国文化史上都有重要贡献。但是少数民族的文字史料相对较少，因而其史学研究要较多依靠考古学，尤其是近期发展起来的科技考古就显得很重要。比如金正耀用铅同位素分析证明 3200 前云南的铜业已有相当规模，这确是史学的石破天惊的大发现；又如西南少数民族的铜鼓，以

● 中国铅同位素考古

前已有专门的“铜鼓学”，但因现存铜鼓大都是传世品，很少是从地下发掘出来的，所以虽有类型的先后序列，却往往没有年代的绝对定标。铅同位素分析突破了这个难点，首先确定北流型铜鼓是东汉的制品。这是广西民族学院以万辅彬教授为首的学者们的成果，晓岑继承着这一薪火。

本书的出版是我国科技考古的一项重要成果，尤其是少数民族文化史学的大事，是上述关于科技考古价值意义的论断的实证。谨以此序为其祝贺。还望作者再接再厉，令这一事业发扬光大。

2000年2月22日于中国科大

前 言

李晓岑

现代科技手段的应用是考古学进入新的发展阶段的重要标志之一。特别是核技术的应用，如放射性碳 (^{14}C)、热释光、钾氩法测定古物年代，用 X 射线荧光分析、原子吸收光谱、中子活化分析等手段研究古器物的结构，这些手段已深深进入考古学的很多领域。

在研究古代文物的产地方面，核技术领域的同位素法也开始得到初步的应用，如氧同位素法、碳的稳定同位素 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) 法、铅同位素比值法等。其中，用铅同位素比值分析古代文物产地的方法最引人瞩目，这是 20 世纪 60 年代在国际上兴起的一门科技考古技术，20 世纪 80 年代传入我国，现在在国内已得到一定的重视。进行了若干对青铜器铅同位素的专题研究。但目前仍然缺乏这方面系统研究的专著，并有很多重要问题亟待解决。

我们从 1987 年开始从事铅同位素考古技术工作，一些结果

已在我国的《考古》、《科学通报》、《自然科学史研究》、《考古与文物》等全国性刊物发表，并引起了海内外学术刊物的广泛评论和引用。现在我们这本书就是要系统地分析和总结我国铅同位素考古技术的现状、存在的问题和前景。

受采集样品的限制，本书探讨的数据主要是中国西南或与中国西南有关的。在本书中，我们着重讨论了以下问题：

较广泛地把同位素技术应用于我国古代青铜器的矿料来源研究。笔者对云南早期万家坝型铜鼓和石寨山型铜鼓、广西和贵州的麻江型铜鼓、贵州汉代铜釜、商周时期的青铜器、中原汉代铅钡玻璃进行了铅同位素比值研究，并结合考古材料和文献资料进行深入分析，得到了一系列有突出考古学意义的结果。

近年来在中原商周时期的青铜器和西汉以前的中国传统铅钡玻璃进行铅同位素的研究中，发现了一种地质上罕见的高放射性成因铅，这种高放射性成因铅的来源问题引起了国际和国内学者的关注。我们系统收集并分析了中国地质和考古资料；对中国的异常铅分布场和考古样品的同位素分布场进行了进一步的研究。并辅以历史文献资料和考证，认为这种异常铅的矿料是从滇东北输入中原地区的。这些研究不仅有助于对中国古代金属文明发源地的认识，也有助于对云南古代文明的重新评价和认识。

在研究方法上，我们利用现代数理统计方法建立了严密的数学模型，对我国有典型意义的铅同位素结果进行系统的概率分布研究。这是我国较早把现代数学方法应用于科技考古数据处理的成果。我们希望，这种计量方法对考古样品的数据处理有普遍性意义。

我们还针对我国地质环境的特殊性，对铅同位素比值法的使用及其科学原理作了进一步的探讨，并结合我国考古学的情况和特点，探讨我国铅同位素考古技术的应用前景。

总之，本书较全面地总结了我国铅同位素技术的成果及其在

前言 ●

我国考古学上的作用。我们相信，作为我国首部系统研究铅同位素考古技术的专著，本书不仅为国内外同行所期待，对现代科学技术在中国考古学中的应用也有一定的意义。

目 录

1	序 李志超
1	前 言
1	第一章 铅同位素考古技术的兴起
10	第二章 铅同位素考古技术原理
10	一、技术原理
13	二、测定方法
18	第三章 云南早期铜鼓矿料来源的铅同位素分析
20	一、化学成分和铅同位素比值的测定
20	二、结果和讨论
29	三、几点分析

33 **第四章 麻江型铜鼓的铅同位素考证**

33 一、样品的选取

35 二、铅同位素比值的测定

42 三、实验结果和讨论

46 四、关于“遵义型”铜鼓铅同位素特征的思考

49 **第五章 贵州汉代铜釜的铅同位素特征**

49 一、实验方法

51 二、数据结果和讨论

53 三、结 论

54 **第六章 商周时期中原青铜器矿料来源研究**

54 一、商代中原青铜器的铅同位素比值结果

57 二、近年来关于异常铅青铜器的铅同位素测定

63 三、从历史文献看商周时期中原地区的矿料来源

67 四、从云南的历史和考古看云南矿产输入中原问题

71 **第七章 中国铅钡玻璃的铅同位素比值问题**

72 一、中国传统玻璃的铅同位素比值分析

78 二、滇东北与铅钡玻璃生产

82 **第八章 数理统计原理在铅同位素考古中的应用**

83 一、数据的分布检验

86 二、铅同位素考古数据的统计分析

88 三、分析实例

91 四、结 论

92 **第九章 铜鼓类型与矿料产地关系的概率分布研究**

92 一、概率分布的检验方法

93 二、各型铜鼓的概率分布研究

98	第十章 中国铅同位素考古技术前景展望
102	主要参考文献
103	后 记

Contents

Foreword	Li zhichao
Preface	
Chapter 1	Review of the Archaeology with Lead – Isotope Analysis
Chapter 2	Principles of the Archaeology with Lead – Isotope Analysis
	1. Principles Of Lead – Isotope Techniques
	2. Methods of Analysis
Chapter 3	Tests on the Sources of Ores for the making of the Early Yunnan
	Bronze Drums with Lead – Isotopes Aanalysis
	1. Analysis of the Chemical Composition and Lead – Isotope Ratio
	2. Discussions
	3. Conclusions
Chapter 4	Tests on Majiang Bronze Drums with Lead Isotope Analysis
	1. Sampling

2. Analysis of the Lead - Isotope Ratio

3. Discussion and Conclusions of the Test

4. Reflections on the Characteristics of the Lead - Isotope Ratio of Zungyi Bronze Drums

Chapter 5 The Characteristics of the Lead - Isotopes Ratio of Guizhou Bronze Cauldron

1. Methods of the Test

2. Data and Discussions

3. Conclusions

Chapter 6 Studys on the Sources of Ores for the making of the Central Plains Bronze Vessels of the Shang - Zhou Period

1. The Lead - Isotope Ratio of the Central Plains Bronze Vessels of the Shang Dynasty

2. Recent Analysis of the Abnormal Lead of Bronze Vessels with Lead - Isotope Analysis

3. A Study of the Sources of Ores of the Central Plains Bronze Vessels Through a Study of the Historical Documents

4. On the Issues of Yunnan Ores Exported to the Central Plains Through a Study of the Archaeological Findings

Chapter 7 On the Lead - Isotope Ratio of the Chinese Pa - Ba Glass

1. Analysis of the Lead - Isotope Ratio of the Tradi-

tional Chinese Glass

2. Pa – Ba Glass Production and Northeastern Yun-
nan

Chapter 8 The Application of the Methods of Mathematical
Statistics to the Archaeology with the Lead – Iso-
tope Analysis

1. The Analysis of Datum Distribution

2. The Mathematical Statistics Analysis for the
Lead – Isotope Data

3. Example Analysis

4. Conclusions

Chapter 9 Possibility Distribution Study on the Relations Be-
tween the Types of the Bronze Drums and Ore –
Producing Places

1. The test methods of Possibility Distribution

2. A Possibility Distribution Study of Some Types of
Bronze Drums Related Lead – Isotope ratio

Chapter 10 A Prospect for the Chinese Technological Archae-
ology with Lead – Isotope Analysis

第一章 铅同位素 考古技术的兴起

20 世纪 60 年代以来,国际学术界对历史文化的研究热情一直很高,吸引了许多自然科学家的介入。以美、英等发达国家为中心,采用自然科学手段分析鉴定古代器物的新型考古方法十分风行。出现了诸如 authentication, characterization, identification, provenance (或 provenience) study、archaeometry 等名称。日本也相应地有“产地推定”、“产地分析”……等名称。运用成分分析方法检验古物中的某些微量元素含量,从而追踪其原料产地是一种常用的方法。另一种是元素的同位素组成分析,如美国加州大学的 H·Craig 和 V·Craig 曾研究希腊大理石 (Greek Marbles) 中的 ^{13}C 和 ^{18}O 丰度,从而弄清了希腊各个时期大理石的来源和产地变化的情况^①。

自从 1920 年质谱仪 (mass spectrometer) 被发明以来,对各种化学元素的同位素比值进行了分析。结果表明,大多数元素的同位素比值在地球各地相同的,只有少数元素,如 S、Pb、O 在地球各地有变化,这就使得 Pb 有可能成为矿石产地的示踪元素。

早在 20 世纪 50 年代,矿床地质学领域就已应用铅同位素作为“指纹”来探索成矿条件、成矿过程、矿质来源和矿床成因等

^① H Craig, V Craig. Greek marbles: Determination of provenance by Isotopic Analysis, Science, V. 176, April PP. 401-403. 1972.

问题。1962 年，美国康宁玻璃博物馆 R.H.Brill 首先报道了用铅同位素研究古代文物的论文，开创了铅同位素示踪技术在考古学和自然科学史研究中的应用。

R.H.Brill 自 1962 年以来发表了大量的铅同位素考古技术的研究论文。最具代表性的一篇是“Lead isotopes in some Japanese and Chinese glasses”^①。R.H.Brill 及合作者在大约 10 年左右的时间内，测定了包括古代埃及的玻璃、炭墨，以及古钱等约 300 个试样^②，他们采用以 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 对 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 作图的表示法，即横轴坐标是 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ，纵轴坐标是 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ，这与地球化学上的图示法稍有不同。

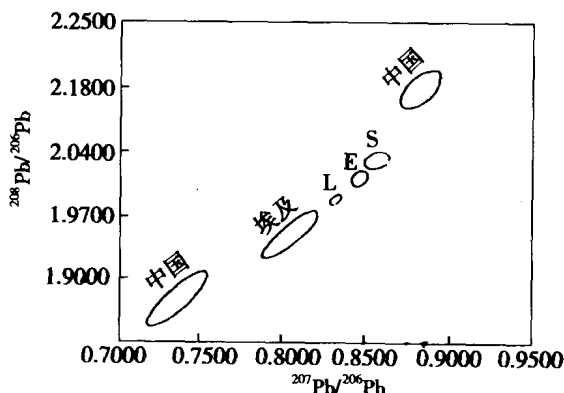


图 1-1 不同地方和不同时期的古物和工艺品中铅的同位素比值

从图 1-1 中可以看出，R.H.Brill 等人所研究的中国古代玻璃均落在两个区域内。它们与希腊的劳里昂（Laurion）的古代矿

① R. H. Brill, K. Yamazaki, I. L. Barnes, K. J. R. Rosman, M. Diaz. Lead isotopes in Some Japanese and Chinese glasses. *Arts Orientalis* XI, 87, 1979.

② R. H. Brill, W. R. Shields: "Methods of Chemical and Metallurgical Investigation of Ancient Coinage." ed., Hall and Metcalf, Royal Numismatic Society. Special Publication No. 8, 279, 1972.

铅 (L), 美国、意大利、土耳其的矿铅 (E), 西班牙、威尔斯、撒丁岛的铅 (S), 以及埃及的古代玻璃和釉上的铅完全不同。中国玻璃有着自己独特的铅同位素分布场, 它们和外国制造的玻璃完全不同。

1976 年, B. Keisch 等人测定了欧洲用作颜料的铅白样品 400 余个, 发现其同位素比值和分布随时代的不同而不同。他们由欧洲铅白交易的文献记录说明了这种现象。公元 1800 年前的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值落入一个狭小的范围。这是因为这些铅白几乎全都是由英国 Cornwall 和 Derbyshire 矿山供给的原料。1600 年以前, 只有部分样品数据超出这个范围之外。因为它们来自意大利的 Sardinia 和 Mt. Vesuvius。1800 年以后, 贸易兴盛起来, 世界各地的原料都有, 19 世纪数据幅度很宽, 是来源于澳大利亚和西德的铅造成的。20 世纪, 澳大利亚和美国的铅也同时流行于市场^①。

1981 年, N.H.Gale 等人发表《古代爱琴海的铅和银》一文, 报告了该区域基克拉迪岛、塞拉岛和克里特岛的铅, 以及银制品的铅同位素比值分析结果^②, 这是一项做得相当优秀的铅同位素考古工作。根据研究, 尽管在爱琴海地区有很多金属矿产, 但在青铜器时代, 希腊大陆和基克拉迪群岛的居民实际上只拥有两种来源的铅和银, 即来源于劳里昂 (Laurion) 地区和西夫诺斯 (Siphnos) 地区。从而证明这一时期爱琴海区域与外地的银铅贸易量, 同内部的货物流通相比是极小的。主要交易的是银, 铅只是一种副产品。而在这一工作以前, 很多学者认为, 铅和银是由地中海西部地区进入爱琴海古代文明区域的, 还有的学者认为银是从中亚地区传入的。

① B. Keisch. R. Callahan: Archaeometry, 18, 181, 1976.

② N. H. Gale. "Lead and Silver in the Ancient Aegean", Scientific American, 1981, No. 6