

中国铅同位素考古

Lead Isotope Archaeology In China



金正耀

中国科学技术大学出版社

中國鉛同位素考古研究

選堂題



当代科学技术基础理论与前沿问题研究丛书

中国科学技术大学

校友文库

中国铅同位素考古

Lead Isotope Archaeology In China

金正耀 著

中国科学技术大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国铅同位素考古/金正耀著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2008.9
(当代科学技术基础理论与前沿问题研究丛书:中国科学技术大学校友文库)
“十一五”国家重点图书

ISBN 978-7-312-02267-8

I. 中… II. 金… III. 铅同位素—应用—青铜器(考古)—研究—中国
IV. K876.414

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 146630 号

出版发行 中国科学技术大学出版社

地址 安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026

网址 <http://press.ustc.edu.cn>

电话 编辑部 0551-3606196 发行部 0551-3602909

印 刷 合肥晓星印刷有限责任公司

经 销 全国新华书店

开 本 710mm×1000mm 1/16

印 张 21.25

彩 插 2

字 数 330 千

版 次 2008 年 9 月第 1 版

印 次 2008 年 9 月第 1 次印刷

印 数 1—2000 册

定 价 68.00 元



作者与钱临照师(1995)



作者与涂光炽院士(2002)



作者在加拿大多伦多皇家安大略博物馆考察青铜器(2002)



滇东北考察(2002),陈毓川院士(右一)、毛景文教授(右二)、朱炳泉教授(左一)



山西晋侯墓地遗址考察(2004),李伯谦教授(左一)、王迅教授(左三)、徐天进教授(右一)

Foreword

Everyone knows that China is one of the areas in the world where great civilization occurred and flourished more than four thousand years ago.

Existence of the Shang dynasty, described by Sima Qian in his historical record *Shiji* (completed ca. 92 B. C.), was proved by the discovery of oracle bone inscriptions a century ago. Archaeological excavations, which took place thereafter, revealed that the territory of the Shang dynasty centering at the present city of Anyang was unexpectedly large and that there had been a high level bronze manufacturing technique at that time.

From the middle of the 20th century onward, two important scientific tools became available and have been successfully applied to the investigation of ancient civilizations. One is the carbon 14 dating and the other the lead isotope method for provenance studies. Time scale and geographical distribution are both essential in modern archaeology, and the two methods will give important clues in this sense to the archaeologists concerned.

Dr. Jin Zhengyao is the first Chinese scientist who tackled the latter method. He measured lead isotope ratios of several Shang dynasty bronze vessels during his work for master degree at the

Chinese University of Science and Technology in Hefei in 1983 ~ 1984. The result was published in 1990 and attracted attention of American and Japanese colleagues in this field of archaeometry.

In 1988, a joint research project on Eastern bronzes was made between Smithsonian Institution and Tokyo National Research Institute for Cultural Property. Dr. Tom Chase and I, heads of the program on both sides, lively discussed how to develop the research, and finally reached a conclusion to invite Dr. Jin as a collaborator. Thus, he came to Tokyo for the first time in July 1991. Triangular cooperation Beijing-Tokyo-Washington, B.C. has proceeded slowly but steadily.

During these 9 years, Dr. Jin obtained a large number of data, both chemical and isotopic, on bronze vessels in the Shang and Western Zhou dynasties as well as on bronze coins in the Warring-States period in China. Included in the date were those on the extraordinary masks and figures excavated from the famous site of Sanxingdui in Sichuan province. Dr. Jin, induced, through his intuitive insight, several important facts on the flow of bronze materials along and between the two major rivers, the Huanghe (Yellow river) and Changjiang. The readers will find those very stimulating academic stories in the present compilation.

Here, I think I must state a little about Dr. Jin's career, coming back to 1980's. After having obtained Master Degree with the thesis on Shang vessels, he entered the Institute of World Religion, Chinese Academy of Social Science, Beijing, as an professor. There, he carried out a research on Taoism and was awarded the Doctor of Philosophy in 1988. By a series of books published in Chinese since then, he made a great contribution in elucidating the materialistic aspect of Taoism in the light of natural science. Already in the beginning of 1990's, his name became well known among Japanese scholars of Taoism and one of his books was translated into Japanese

in 1995.

As seen from the above-mentioned career, Dr. Jin has a profound knowledge on Chinese classical literature as well as natural science. I believe that this book will be a milestone to the 21st century in this interdisciplinary field of natural and human sciences.

Hisao MABUCHI

序

2008年,是我国铅同位素考古研究的丰收年,继崔剑峰、吴小红的《铅同位素研究——以中国云南和越南出土青铜器为例》一书之后,被该书誉为中国铅同位素考古第一人的金正耀教授的《中国铅同位素考古研究》专著又行将面世,这无疑是我国科技史与考古学界的一桩喜事。作为金教授的朋友和他的铅同位素考古论文的热心读者,我谨对这部凝结着他多年研究成果精华和心血的著作的出版,致以衷心的祝贺!

我最早知道金正耀教授的名字还是20世纪80年代初。当时,他发表在中国社会科学院研究生院学报上一篇谈中国早期红铜器的文章引起我浓厚的兴趣,我认为一个在读的研究生能写出如此有见地的论文,很了不起,很有发展前途。后来,我又陆陆续续看到他既写有关道教的文章,又写冶金史、铅同位素考古的文章,颇觉好奇,经打听才知道,他在合肥中国科技大学求学时,曾师从著名的钱临照、李志超教授攻读理学硕士学位,专门研究铅同位素考古。得到硕士学位后,又考入中国社会科学院宗教研究所,随著名学者任继愈攻读博士学位,专门研究道教问题,成为一名哲学博士。现在在学科越分越细的情况下,一个人能同时涉足两门完全不同的学科实属不易,也着实令人羡慕。不过在我看来,在金正耀教授二十多年的学术生涯中,虽也发表过许多研究道教的文章,甚至出版过专著多部,在哲学、宗教学界有相当广泛的影响,但他最重要的学术贡献还是在铅同位素考古领域,他自己似乎也更钟情于此,这从他在中国社会科学院宗教研究所工作长达二十多年之后,又毅然回到

自己的母校中国科技大学,专门从事科技史与科技考古研究即可证明。

诚如崔剑峰、吴小红所言,金正耀教授的确是我国铅同位素考古第一人。早在 20 世纪 80 年代初,在国际学术界刚刚证明铅同位素方法可以应用于青铜器矿料产源研究之后不久,他在攻读硕士学位期间,即在钱临照、李志超教授指导下,开始对殷墟青铜器同位素比值的测定和研究工作,在 12 件青铜器中,发现有 6 件的铅同位素比值是高放射性成因铅,属于密西西比型高放射性成因铅的一种(在我国,当时的研究只发现在云南永善金沙厂地区有铅锌矿床具有这种特征),从而在他于 1984 年完成的硕士论文《晚商中原青铜的矿料来源研究》中提出了“商代青铜矿料西南说”,在中国考古学界尤其是商周考古研究学者中引起轰动,极大地拓宽了人们研究文化交往关系的视野。论文的主要成果于 1984 年 8 月在“第三届中国科学史国际学术讨论会”上报告后,亦为国外学者所重视。

此后,金正耀教授克服各种困难,排除各种障碍,锲而不舍的在中国铅同位素考古领域驰骋。20 世纪 90 年代,他与美国史密森研究院汤姆·齐思博士、日本东京国立文化财研究所马渊久夫和平尾良光研究员合作,通过采样、测量获得了郑州商城、盘龙城、三星堆等地出土的大量商周青铜器以及战国货币的化学组成与铅同位素数据。进入 21 世纪,金正耀教授又先后测定了偃师二里头、新干大洋洲、成都金沙、汉中城固、天马一曲村等遗址出土青铜器的铅同位素比值,发表了几十篇专题研究文章和测定报告。通过持续不断的研究实践,在铅同位素考古领域特别是对高放射性成因铅的研究中,得出了一系列重要认识,主要有:

1. 确定中国发现的高放射性成因铅的规模性开采利用,主要发生在中国青铜时代的商代。

2. 确定这种高放射性成因铅金属资源在商代规模性开采利用的年代区间是从商代初期到殷墟三期。殷墟四期的青铜生产中,这种金属资源的供应已基本中止。

3. 推断这种高放射性成因铅金属资源产地的靶区在西南地区。证据是中国其他地区西周遗址出土的青铜器都很少含有这种高放射性成因铅,只在远离中国青铜文明发展中心区域的四川盆地,如年代在商末

周初的成都金沙遗址出土的青铜器中,多数还含有这种高放射性成因铅。

4. 结合青铜器合金成分分析,确定这种高放射性成因铅来自铅矿。并推断这种铅是同西南地区优质铜、锡金属资源一起进入黄河流域商代青铜生产的,它是西南地区青铜金属资源的指示剂。

在我们回顾金正耀教授的学术经历和在中国铅同位素考古领域作出的重要贡献的时候,有一件事我还想借机提一提。大约是20世纪90年代中期,我担任北京大学考古系主任期间,为了推进考古学与自然科学的结合,扩大北大科技考古的覆盖范围,有意请金正耀教授来北大创建铅同位素考古实验室。这一想法得到金正耀教授的积极响应,他一面酝酿计划,一面同马渊久夫先生商量,作为北京大学考古系和日本东京国立文化财研究所的国际合作项目,由日方捐赠相关仪器设备,共同开展研究。虽然这一计划后来因故未能实施,令人遗憾,但他们两位的热情和为此付出的努力却令我始终心存感激,难以忘怀。

从1984年金正耀教授完成铅同位素考古硕士论文到现在,已有24年。铅同位素考古经过国际学术界在1995年至1999年的反思和大讨论,其在青铜器矿料产源研究中的作用,得到越来越多学者的肯定,在我国也日益受到重视和更多的采用。金正耀教授的《中国铅同位素考古研究》见证了铅同位素方法在中国生根开花结果的历程,也为今后的发展和普及奠定了坚实的基础。时代在前进,学科在发展,铅同位素考古作为一种研究方法和技术手段,也必然会不断改进和提高,其与其他学科的相互渗透和结合也将以更快的速度进行。我衷心祝愿作为中国铅同位素考古开创者的金正耀教授,在今后的研究实践中,以更宽阔的胸怀和眼光借鉴国内外同行的经验,从新的理论、方法中汲取新的营养,继续引领中国铅同位素考古航船破浪前行,做出无愧于时代的新贡献。是为序。

李伯谦
于北京大学

前言

20 世纪科学技术为考古学贡献良多。其中两项与核物理和同位素科学相关的技术,即属于放射性同位素范畴的 ^{14}C 测年和属于稳定同位素范畴的铅同位素质谱分析,对于考古学的意义更是非同一般。

自从近代学术体系意义上的考古学建立以来,田野考古学家在现场作业时经常遇到超乎寻常的智力挑战,有时最糟糕的结果,就如同一篇差等生漫不经心的记叙文作业:年代不定,空间关系模糊,人物的意义只是一个文化符号,事件只有残乱的影像,因果关系难以捉摸。但在学术界和公众心目中,他们仍然有资格获得崇高的敬意和赞誉,因为在那种资料和技术条件下,没有谁能够比他们做得更好。

田野考古以上诸问题中,最基本的仍然是时空框架,也就是“何时”与“何地”的问题。 ^{14}C 测年着眼于前者,而铅同位素分析则着眼于后者。将这两种技术在考古学中的应用做一个简单对比会发现一些引人思考的东西。

对于考古学而言,历史上人类创造的一切都凝固在时间坐标之中,没有任何东西可以不经过时间。所以,“何时”对于考古学家来说,永远是首先要问的问题。 ^{14}C 技术可以在世界范围建立从数万年到数百年前的文明史年表,是各种测年技术中的领军者。

考古学中的“何地”问题,贯穿于田野发掘之前和发掘开始之后的整个考古作业过程。一项有计划的科学发掘,开始前要考虑的是如何寻找古代遗址和确定田野发掘的地点。发掘过程中出土的金属、玉石、陶瓷

等各种材料的遗物,则既需要判断其制作年代,也需要判断它来自何处以及原料来源。铅同位素分析主要应用于研究后一层次的“何地”问题,并有令人瞩目的成绩。例如,R. H. Brill 对古代玻璃制品原料产地的研究,N. Gall 等人对地中海地区银、铜金属贸易的研究,都是十分出色的工作。总的说来, ^{14}C 技术已经在“何时”问题的学术领域建立了巨大声望,而铅同位素分析技术在“何地”学术领域的领军作用尽管日益受到重视,却还没有像前者那样深入人心。

但另外一方面,两者在学术体系中被赋予的意义却显示出某种反差。 ^{14}C 测年只是“考古年代学”中的测年技术之一;而在现代考古学中,不断有人提倡“铅同位素考古学”,它作为一门新兴学科似乎已呼之欲出。诚然,很多科技考古专家对此颇不以为然。笔者即曾从一位资深年代学专家那里听到明确的不同意见。

本书内容仅限于铅同位素方法应用于中国上古青铜文明研究实践所得的部分收获,完整介绍铅同位素考古学的理论和方法不是预定任务。从国内已有的几部出版物来看,目前讨论现代学术语境中的铅同位素考古学的合法性问题,时机尚未成熟。一部完整而精准地阐述铅同位素考古的理论、方法及其实践应用的科学著作,仍然有待中国科技考古界的努力。我们关注的问题是,类似 ^{14}C 测年的技术,何以未得名“学”,而铅同位素考古何可名之为“学”?

各种技术测年方法在获得数据成果以及数据成果的意义表达上,都具有一种自然科学的纯粹性和简明性质。相对于此,铅同位素方法的数据成果的意义,则更具有隐性。铅同位素数据成果的解析及其考古学意义的揭示,既与地球化学示踪方法的理论有关,同时也更多涉及考古学领域的知识背景。我们可以具体说明这一点。如学术出版物中以常见形式发表的 ^{14}C 年代数据:

$$3\,800 \pm 100 \text{ BP}$$

它意味着 ^{14}C 年代的正确值落在距今(即距 1950 年)3900~3700 年之间的可能性为 68%,落在 4 000~3 600 BP 之间的可能性为 95%。这里涉及的“BP(距今)”以及“置信区间”等概念规定,完全是纯粹意义上的科学的。技术测年方法的数据结果在解答“何时”问题时,其表述方式比较

直白、简洁,完全合乎自然科学规范。

但来自一件青铜器样品的一组铅同位素数据,如妇好墓偶方彝的数据:

$$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}: 22.784$$

$$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}: 16.347$$

$$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}: 43.183$$

它们本身并不能给出任何“何地”的意义。也就是说,同样在获得数据结果之后,技术测年方法一般即可宣告任务完成,而铅同位素分析才刚刚做完一半工作。研究者在接下来的工作中,需要有关地质与地球化学分析包括已有的铅同位素分析以及其他地球化学分析的背景资料,同时也需要古代遗物的铅同位素分析数据库资料,才能进行对比分析,获得“何地”的信息。在这一分析过程中,田野考古或者对历史文献资料的研究,经常是必要的。因此,铅同位素方法解答“何地”问题时,其表述方式,不会是纯粹自然科学的,与 ^{14}C 技术测年数据表达“何时”意义的简洁方式很不相同。

相当长一个时期,铅同位素考古被简单等同于“产地研究”,今天看来这种理解似乎显得狭隘了一些。铅同位素分析获得的成果,不仅有可能确定物料产地的地域定位,同时有可能揭示与该物料资源相关的区域资源开发的历史,也有可能揭示这种资源跨地域流通的历史事实。也就是说,铅同位素分析对于“何地”问题可以贡献的,不是只有静止的、孤隔的一个空间点位,而可以是一整幅流动空间的全景观照。在欧洲标准考古学教科书中,铅同位素分析技术经常是在讨论“贸易和交换”一类问题时予以介绍的,正如同我们在 C. Renfrew 和 P. Bahn 共同主编的那部风靡全球的著作中看到的一样。然而,无论在前历史时期还是在历史时期,导致物料资源大规模跨地域流动的,并不限于贸易和交换一途。战争掳掠以及殖民开发,都可以导致同样的结果。在这两位学者的著作中,“何地”问题在于着重讨论古代遗存的形成和位置确定。该书关于现代考古学的介绍,具有一种理论建构的系统性和完整性,令人佩服,但在“何地”这一考古学主题的处理上,我总觉得可以有一点自己的保留意见。

前举妇好墓偶方彝的铅同位素分析数据,在地球化学上属于一种罕见的高放射成因铅,它本身是一种纯粹意义上的科学发现。我们对这种发现于大量商代青铜器中的高放射成因铅进行了持续研究,结合区域地球化学资料和考古遗址出土青铜器的铅同位素分析资料,推断这种高放射成因铅金属原料的产地在中国西南地区,进一步还可以将目标靶区锁定在四川盆地南缘的川滇邻接地带。这就将西南地区金属资源开发利用的历史提前到了距今3000余年前的商代。如果我们将西南地区对这一矿产资源的开发活动理解为人类文明的历史性事件之一,那么,该种矿产资源向中原地区以及其他地区的输出,则可以理解为该事件的一种区域响应。西南地区高放射成因铅金属资源开发的区域响应,主要发生在商代。到目前为止,通过铅同位素考古研究,已经确认这种响应开始于商代前期,在殷墟早期达到高峰,至殷墟三、四期之交则音声已渺。其响应的地域范围,目前已知:东至山东半岛,南至湖南、江西,覆盖黄河中下游和长江中游的绝大部分地区。高放射成因铅的发现和研究,目前已经成为商代考古引人入胜的一部分。

在应用于考古学的各种技术方法中,铅同位素分析属于那种能够发现历史考古学事件或事实的有效方法之一。

另外,目前的中国铅同位素考古研究,已经初步建立从二里头时期开始,直到商周为止,各个时代青铜产业相关区域资源开发及其区域响应的铅同位素时空坐标系统。这个系统具有开放性质,能够经过不断填充新的数据成果而不断完善。这一坐标系统的建立,对于揭示考古学事实之间的关系或者联系,能够提供有价值的线索。例如,关注商代考古的学者熟知,中原商统治势力在长江中下游地区的进出,二里岗时期较盛,殷墟时期反而有所收缩。我们由铅同位素分析发现,二里岗时期的商青铜器,含高放射成因铅的,总体上在50%左右,而殷墟前期则接近80%。它意味着西南地区金属资源开发的区域响应强度,二里岗时期不及殷墟前期。也就是说,二里岗时期中原地区的青铜生产,接近一半的原料供应需要从包括南方地区在内的西南以外地区获得,而殷墟前期尽管商的势力达到鼎盛阶段,但由于主要经营方向在西南,所以它的势力在其他地区反而出现收缩现象。从青铜业金属资源的视角解释商势力