

# 青铜器溶铅实验及有关问题初探

秦颖<sup>1</sup>, 魏国锋<sup>1</sup>, 刘文齐<sup>2</sup>, 毛振伟<sup>1</sup>, 王昌燧<sup>1</sup>, 董亚巍<sup>3</sup>

(1. 中国科学技术大学科技史与科技考古系, 安徽合肥 230026;

2. 中国科学技术大学理化中心, 安徽合肥 2300260;

3. 湖北省鄂州市博物馆, 湖北鄂州 436001)

**摘要:** 为科学探讨夏商周三代因使用青铜器可能引起的铅中毒和因此带来的一系列社会问题, 对仿古含铅青铜器做了一系列溶铅实验, 用原子吸收分光光度计和原子荧光光度计对实验样品进行了铅含量测试, 结果表明使用含铅青铜器煮、盛食物会导致严重的铅污染。我们的祖先创造了灿烂的青铜文明, 而以使用这些青铜礼器为荣耀的上层统治者却为此可能付出了惨痛的代价—铅中毒, 并由此带来一系列社会问题。

**关键词:** 青铜器; 溶铅实验; 铅中毒; 青铜时代

**中图分类号:** K871.3 **文献标识码:** A

## 1 引言

中国夏商周三代以其先进的青铜铸造工艺, 美妙绝伦的青铜礼器闻名于世, 合金成分上以含不等量的铅为其特色。美国弗利尔美术馆 R. J. Gettens 分析的 97 件该馆收藏的中国早期青铜容器中, 有 39 件含铅量在 5% 以上, 最大 26%, 36 件在 1% ~ 5% 之间, 有三分之一的青铜器含铅量超过锡<sup>[1]</sup>。美国 I. L. Barnes 等人分析的 61 件美国赛克博物馆收藏的含高放射性成因铅的中国商代青铜器中, 有 46 件属含铅量高于 3% 的铜锡铅三元合金, 有 16 件含铅量高于 10%<sup>[2]</sup>; 中国社科院分析的 65 件著名的商代妇好墓出土的青铜礼器中, 有 18 件含铅量在 2% 以上<sup>[3]</sup>。往青铜合金中加铅可能是出于锡矿资源短缺, 但更可能是工艺上的需要, 或两者兼有。我们的祖先在创造青铜文明, 以使用这些青铜容器为荣耀的同时, 他们可能也为此付出了惨痛的代价—铅中毒。为了科学深入地探讨这一问题, 我们做了溶铅实验。

## 2 溶铅实验方法及结果

### 2.1 含铅青铜碗的铸造

以家庭普通使用的瓷碗为模, 以约 88 : 10 : 2 和 80 : 10 : 10 的铜、锡、铅比例, 在湖北省鄂州博物馆青铜仿古实验基地用沙型翻铸了两个含铅青铜碗(b1

和 b2), 碗口直径 9cm, 深 3.5cm, 壁厚约 0.2cm, 重量分别是 305g 和 320g。

### 2.2 含铅青铜碗盛不同溶液时铅的溶解度

中国夏商周三代时统治者常用青铜器煮、盛、储各类食物或酒水, 故整个溶铅实验都是采用各类食用物, 而非化学试剂。除有些加热情况外, 整个溶铅过程都是在 10 ~ 15 °C 的室温下进行的。

青铜器盛去离子水 48 小时, 得两个试样 Wb1 和 Wb2, b2 碗再加热 15 分钟到水温 70 °C 左右后, 取样品 Wb21。盛米酒 24 小时, 其中 b2 碗最后加热约 15 分钟到 80 °C 左右, 共得两个试样 Rb1 和 Rb2。盛食用醋 6 小时, 最后少许加热(约 5 分钟, 30 °C 左右), 得试样 Vb1 和 Vb2; 用 b2 碗室温下(6 ~ 10 °C)盛该食用醋 12 小时, 36 小时和 60 小时, 分别得试样 Vb21、Vb22 和 Vb23。将烧好的猪骨凉汤装入碗中 24 小时, 其中 b2 碗最后加热沸腾约 30 分钟, 得试样 Tb1 和 Tb2。

试样和原样的含铅量测定在中国科学技术大学理化实验中心进行, 其中 Rb1、Rb2、Vb1、Vb2、Vb21、Vb22 和 Vb23 用原子吸收分光光度计(型号 PE-3030)分析, 其它用原子荧光光度计(型号 AFS230a)分析。分析结果如表 1。

### 2.3 结果分析

从表 1 可以看出, 实验样较原样含铅量增高数百到数千倍, 说明使用含铅青铜容器煮、盛食物会引

收稿日期: 2004-07-01; 修回日期: 2004-11-30

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(10135050); 国家社科基金文博类 2001 年重点项目(2001042)。

作者简介: 秦颖(1961—), 男, 硕士, 中国科学技术大学人文学院副教授, E-mail: yingqin@ustc.edu.cn

起食物铅污染; 受污染食物含铅量与食物种类、所使用的青铜容器含铅量、煮盛食物的时间长短和温度成正比, 这其中尤以温度对铅的析出量影响最显著。因此, 用含铅青铜容器煮食物、温酒等造成对食物的铅污染最严重。在相同条件下, 酸性食物和酒类较

其它类食物更容易引起严重的铅污染。用米酒、食用醋实验的试样的铅含量已超出目前国家食品卫生标准(发酵酒的国家卫生标准(GB2758 - 81)是  $Pb \leq 0.5\text{mg/L}$ , 食用醋国家卫生标准(GB2719 - 81)是  $Pb \leq 1\text{mg/L}$ <sup>[4]</sup>)的数十至上百倍。

表 1 含铅青铜器溶铅实验结果

Table 1 The result of the experiment of dissolving lead

溶液	样品	含铅量/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	实验条件
去离子水	原样	$< 0.0002$	室温
	Wb1	0.0025	室温, 48 小时
	Wb2	0.149	室温, 48 小时
	Wb21	0.352	Wb2 样再加热 15 分钟, 到约 $70^\circ\text{C}$
米酒	原样	0.04	室温
	Rb1	28	室温, 24 小时
	Rb2	51	室温, 24 小时后加热 15 分钟, 到约 $80^\circ\text{C}$
食用醋	原样	0.08	室温
	Vb1	34	室温, 6 小时后加热 5 分钟到约 $30^\circ\text{C}$
	Vb2	67	室温, 6 小时后加热 5 分钟到约 $30^\circ\text{C}$
	Vb21	18.6	室温, 12 小时
	Vb22	25	室温, 36 小时
	Vb23	36.2	室温, 60 小时
	猪骨汤	原样	0.06
Tb1	1.62	室温, 24 小时	
Tb2	2.14	室温, 24 小时后加热 30 分钟至其沸腾	

使用各种含铅青铜礼器(如烹饪器、食器、酒器、水器等)煮、盛、储食物、酒水等, 势必导致食物铅污染, 经常食用这些受污染的食物必然导致严重的铅中毒。时至今日因经常使用含铅容器煮、盛食物、酒水引起的铅中毒现象还屡见不鲜。

### 3 相关问题讨论

#### 3.1 古人铅摄入量与骨质疏松的分析

夏商周三代是中国青铜文明时代, “钟鸣鼎食”就是当时奴隶主贵族奢侈享乐生活的象征。作为一种奢侈品, 奴隶等低等人是没有资格使用的。使用青铜礼器有严格的等级观念, 生前如此, 死后随葬更是如此。体内的铅负荷 95% 左右在骨中, 骨铅能较好地反映累积铅接触量<sup>[9]</sup>。因此, 就有可能通过对古代人类骨铅含量的分析来判断其所属阶层(指生活性铅接触)。遗憾的是以往的考古发掘工作很少注意人骨的收集, 长期保存的更少。骨骼保存状况受多种因素影响, 但从查阅的中原地区夏商周三代较大型的墓葬发掘报告资料中, 我们发现了一个有趣的现象: 即墓主人骨骼大多腐朽严重(指未被盗的墓葬), 尤其商代墓葬, 而往往有的殉人、人性的骨骼

还未腐朽。现代医学研究表明铅是重要的骨质疏松的潜在危险环境影响因素之一<sup>[9]</sup>。骨铅可直接抑制成骨细胞功能, 同时其在骨骼中的高度蓄积致使骨中 Ca、P 代谢紊乱, 呈现以骨质疏松为特征的骨营养不良。若是如此, 那么在相同的保存条件下, 骨铅含量较高的骨骼也可能较难以保存。故这一现象也可为医学界关于铅与骨质疏松的讨论提供一个佐证。

#### 3.2 夏商周三代帝王频繁迁都与铅中毒的分析

尽管人们通过饮食摄入的铅量与铅中毒之间还没有严格医学意义上的判断标准, 但由于饮食使用含铅容器煮、盛或加工食物、饮品引起的铅中毒病例在国内外、在现今和过去都比比皆是, 尤以因饮酒引起的铅中毒最盛。

夏商周三代上层阶级长期食用含铅青铜容器煮、盛的食物、酒水, 尤其商代酿酒、饮酒成风(种类繁多酒器就证明这点), 帝纣“好酒淫乐”, “以酒为池, 悬肉为林”, “为长夜之饮”, 种种如此必然导致许多人的铅中毒。严重的铅中毒不仅损坏人的健康, 使人体能下降, 而且破坏人的神经中枢, 使大脑皮质兴奋和抑制功能发生紊乱。不同程度的铅中毒可能是商人“以酒亡其国”背后真正的杀手。可以设想铅

中毒使中国青铜时代上层阶级的人数不断减少, 贵族子弟的身体素质越来越差, 甚至生下来或年幼便夭折; 统治者或早逝, 或萎靡不振, 或性情狂乱, 行为失控。他们把因铅中毒引起的一系列生理上和心理上的疾病归咎于“殷降大虐”, “风水不好”。于是搬家, 多处建行宫, 甚至迁都可能成了当时统治者摆脱这些灾难的无奈的选择。这种习俗在现今中国某些地方还以某种形式流传着。因此, 学术界长期关注, 而又一直悬而未决的夏商周三代为何频繁迁都问题可能与此也不无关系。

#### 4 结 论

使用各种含铅青铜器煮、盛、储食物、酒水等, 势必导致食物铅污染, 经常食用这些受污染的食物必然导致铅中毒; 我国青铜时代的许多社会政治问题与统治者的铅中毒可能不无关系。

#### 参考文献:

[1] Gettens R J. The freer Chinese bronze. Vol 2. Technical studies [M].

Washington: Smithsonian Institution, 1969. 41 - 56.

[2] Bames I L. *et al.* Lead isotope ratios [A]. In: Shang ritual bronzes in the Arthur M. Sackler Collections [M]. Harvard University Press, 1987. 558 - 560.

[3] 中国社科院考古所. 殷墟金属器物成分的测定报告(一) 妇好墓铜器测定 [A]. 见: 考古学集刊 [C], 第二集, 1982.

The Institute of Archaeology, China Academy of Social Sciences. Constituents determine report of metal wares excavated in the Fuhao tomb of Shang Dynasty [A]. In: Volume of Archaeology [C]. No. 2, 1982.

[4] 中国预防医学科学院标准处编. 食品卫生国家标准汇编 [M]. 北京: 国家标准出版社, 1992.

Standard Department of Academy of Science for Defend Medicine of China. Collection of National Standard for Foodstuff Health [M]. Beijing: Standard Press of China, 1992.

[5] Goyer R A. 骨质疏松的环境危险因素 [J]. 国外医学卫生分册, 1995, 22(1): 29 - 31.

Goyer R A. The environment potential factor that leads to the osteoporosis [J]. Foreign Medical Sanitation, 1995, 22(1): 29 - 31.

[6] 杨学斌, 金泰. 骨质疏松的环境危险因素 [J]. 劳动医学, 2001, 18(1): 58 - 60.

YANG Xue - bing, JIN Tai. The environment potential factor that leads to the osteoporosis [J]. Labor Medicine, 2001, 18(1): 58 - 60.

### Experiments on dissolving lead from bronze wares and the related questions

QIN Ying<sup>1</sup>, WEI Guo - feng<sup>1</sup>, LIU Wen - qi<sup>2</sup>, MAO Zhen - wei<sup>1</sup>, WANG Chang - sui<sup>1</sup>, DONG Ya - wei<sup>3</sup>

(1. Department of Scientific History and Archaeometry, USTC, Hefei 230026 China;

2. Center of Physical Science, USTC, Hefei 230026 China;

3. Ezhou Museum of Hubei province, Ezhou 436001, China)

**Abstract:** A series of experiments on dissolving lead from bronze wares indicate that the use of bronze wares containing lead in ancient daily life led to serious food pollution. Our ancestors had created the brilliant bronze civilization. However, the noble classes who were proud of the possession of the bronze wares also paid a great cost for using it, which brought a series of social problems.

**Key words:** Bronze; Experiments on dissolving lead; Lead poisoning; Bronze times