

中国青铜器中的锌

W. Thomas Chase

(Department of Conservation and Scientific Research
The Freer Gallery of Art and Arthur M. Sackler Gallery
Smithsonian Institution, Washington, D. C.)

吴来明 洪晓燕 译

(上海博物馆, 上海 200231)

摘要 锌在早期中国青铜器中是一种相当有意思的元素,它不仅可作为一个技术研究的线索,同时也是年代考证的标志。基于原始的熔炼方法,一些早期的青铜器似乎含有较可观的锌。随着坩埚精炼技术的发展,商中期前后青铜器中的锌消失了。在汉代的青铜器中少量的锌重又出现,对欧亚草原一带的青铜器,以及一些青铜带钩及礼器的分析,均表明在汉代的青铜器中含有少量的锌,锌含量较高(大于0.75%)者则意味着是伪器或是以后的仿制品。晚期的中国青铜器(雕塑和钱币)显示锌含量逐渐增加,从那时直至现代,青铜和黄铜都是被明确区分为二种不同的合金。

1 序言

当 Paul Jett 向我提供那篇由周卫荣和樊祥熹所撰写的精彩论文^[1]的时候,我已经完成了我的这篇论文。周卫荣和樊祥熹作出了与我一致的正确结论,同时将他们的研究拓展到了以镉来作为区别炉甘石点炼黄铜和单质锌黄铜的标志,因而他们的参考书目同样地有助于读者,我建议不妨将我的论文同他们的论文一并阅读。在佛利尔(Freer)艺术博物馆和赛克勒(Sackler)美术馆我将继续我的研究,以进一步论证有关锌的这一研究结论的可靠性。

2 中国青铜器中的锌

对于中国古代青铜器中锌的有关论述大家都很熟悉。中国青铜时代之前红铜时代的少量纯铜制品,其锌的含量似乎并不多^[2-5]。早期的青铜和铜合金熔炼可能是在密闭的坩埚中进行的,因此有些制品的含锌量较高^[6]。然而,随着中国青铜铸造技术的不断发展,使其向着大容量、敞开式坩埚熔炼操作方式和大件铸造生产转变。熔融金属长时间的高温加热能有效地除去矿石中的任何锌元素,因为锌的蒸汽压比青铜合金中其他成分来得高,在加热过程中极易挥发。

在中国,锌作为一种提炼金属被使用看来不会早于明代。除相关佛教器物外,尚有极为丰富的样品可供进一步的研究^[7]。在明代,公元1503年~1527年期间,锌作为金属(锌块)开始用于配冶黄铜铸币^[8,9],但有文章提及中国的炼锌历史可追溯到唐代^[10],只是到了明代才突起发展应用。然而一些汉代含锌青铜器的实例看来也是确实可信的。下面,让我们来进行详细的讨论,不过在此之前,先就过去的研究作下评论。

3 锌的早期研究

在 John Gettens 开创性的“中国古代青铜器技术研究”工作^[11]中,涉及了一些有关锌的颇

*《中国古代青铜技术国际学术讨论会》论文,1997年12月5—6日,上海博物馆

为有用的内容:

……这些确信属于商代和周代的青铜器几乎不含锌元素,然而另一方面,晚期青铜器的锌含量又是多变的。其理由是,据我们自己的分析,自汉代起直到汉以后,中国古代青铜器的锌含量在逐渐增加。章鸿钊先生同样持有这一观点,他曾在多篇论文中探讨研究了中国的用锌史^[12,13]。章氏还提出了由王琴希分析的一份五枚铸于王莽时期(AD 9-12)铜币的化学分析表,该表显示除了含有锡和铅外,还有 0.84%~4.11%的锌。这些情况表明,锌在中国汉代时开始被用于铸币,与罗马帝国用锌铸币处于同一时期^[14]。

然而,4.11%的含锌量似乎过高了,这已经向我们表明这五枚钱币中至少有一部分是后来的赝品,但我仍未能核实。John Gettens 推测晚期中国青铜器含锌量增加的原因还包括这样一种观点:由于地表面矿石的采掘耗尽,矿工们将不得不向深层开采,发现了富锌原生矿或铅矿,即伴生锌矿的方铅矿。

接着,他又对牛津大学考古与艺术史研究室一位同仁所做的四百件商周及汉代青铜器的光谱分析结果进行讨论。Harry Garner 先生指出四百件青铜器中仅有五件测到锌,最高含锌量为 2.4%。我也就此现藏牛津大学 Ashmolean 博物馆的五件青铜器进行了再研究,显然五件中有三件是在修复区取样的,我个人认为这五件青铜器的分析结果都值得怀疑。

引用一下 John Gettens 在《第三章:成分》中的整段论述:

锌:在一系列元素中这是个神秘的元素。锌含量不高,有约 85% 所检测的青铜器含锌量不足光谱分析的检测量。从商代到汉代的一百件礼器中仅发现有六件的含锌量低于 0.1%。有九件青铜器的含锌量范围为 0.1~3.7% (尊 09.357),但这些都是靠不住的值,也许是宋代或宋代以后的仿古青铜器,或者完全是赝品。所分析的合金中没有一个有足量的锌而可称为黄铜,锌不是有意加入的而是偶然带入的(见第二章),含锌的青铜器同时也都含有锡和铅。很显然,在汉代或汉以后,锌逐渐加入了青铜合金成分的行列,这里所列的汉以后青铜器分析数据证实了这一点。随着更多的检测分析的进行,尤其是对汉以后青铜器,中国的用锌史将开始被揭示出来^[15]。

John Gettens 第二章最后讨论锌问题时有这样一句话:“最大困难之一将是找寻年代确切的样品以供分析”^[16]。现在在中华人民共和国,随着青铜器断代水平的提高,更为重要的是随着考古学家、科研人员与博物馆间合作的加强,这一问题已经基本得到了解决。

4 佛利尔艺术博物馆藏青铜礼器中的锌

让我们来重新审视一下上述 John Gettens 的那些成分分析表^[17],从文献^[17]可见,列出锌的有两处,一处是标准重量分析法(湿法化学分析法)的分析结果,另一处是发射光谱的分析结果。器物的名称以购藏年份为序同时整齐地列为一栏。值得注意的是,含有足够可检测量的锌的青铜容器都是由佛利尔(Charles Freer)于 1913 年前购买的,Charles Freer 先生是一位颇具艺术鉴赏力的专家。而今,对于一件真正的中国古代铜器的成分组成,大家已经有了更为全面的了解,然而在此以前,许多含锌的礼器都被断定为是晚期的仿古青铜器,现在我们已经开始去研究这些青铜器的可能制作年代。在 1913 年以后购买的青铜器中仅有极少几件是含微量锌的,在几件真器上似乎只是偶然出现了少量的锌。锌在其他实验室所分析的一些青铜艺术品也有发现。其中最令人感兴趣的是妇好墓青铜器,是由中国社会科学院考古研究所在 1980 年分析发现的^[18]。从 1913 年以后购买的佛利尔艺术博物馆藏青铜容器来看,含锌量最高约 0.7%,微高于最大限量 0.02%。

5 来自欧亚草原地区*的青铜器

表1为依据文献^[19,20]重新整理的分析数据。由于表1是按含锌量递减顺序排列的,故上部的赝品或晚期的仿古器要比下部的多。所列的所有青铜器均由研究人员运用立体显微镜及X射线荧光仪进行了表面分析检测,并对绝大多数的青铜器拍摄了X光照片。许多欧亚草原类动物纹饰牌,都是用事先做的阴模,用失蜡法铸造而成,表中所列的无论是文物真器还是仿制

表1 欧亚草原地区东部青铜器成分分析表

(标注“√”者为伪器)

藏品号	文献 ^[21] 编号	Sackler 馆编号	实验编号	锌(%)	锡(%)	铅(%)	砷(%)	分析次数	伪器标注
F35	11.43	72.2.444	2085	25.299	1.37	6.73	2.49	1	√
F3	11.03	72.2.029	2613	9.292	0.89	15.90	1.65	1	√
F29note	11.37	7103	2645	8.334	0.90	3.19	0.69	1	√
F15	11.19	3462	2652	7.457	2.31	5.85	5.63	1	√
n. i. c. - F	-	7054	2102	6.772	0.53	4.39	0.01	1	√
F32	11.55	7027	-	6.500	0.38	8.74	0.09	2	√
F19	11.24	72.2.456	2625	5.627	0.89	2.60	0.29	1	√
F28	11.53	7003	-	4.800	4.80	10.20	0.29	2	√
F22	11.28	3102	2627	4.730	1.11	9.11	4.42	1	√
n. i. c. - F	11.56	7001	-	4.600	1.80	8.62	0.15	2	√
F25	11.33	7060	2642	4.309	0.39	0.56	0.46	1	√
F30	11.39	72.2.445	2623	4.135	3.55	4.14	0.00	1	√
F28	11.52	7004	-	4.100	6.20	10.20	0.36	2	√
F18	11.23	72.2.107	2620	3.698	4.17	23.47	0.00	1	√
n. i. c. - F?	-	7219	2869	3.207	8.14	47.03	0.00	1	√
F14	11.18	7053	2641	3.099	4.14	20.60	0.37	1	√
F17(pair)	11.21	7174	2647	2.650	3.76	9.40	0.50	1	√
n. i. c. - F	11.12	3550	2786	2.622	0.39	11.78	9.32	1	√
F17(pair)	11.22	7166	2646	2.369	1.30	2.09	0.00	1	√
F26	11.34	3545	2634	1.953	10.33	42.46	2.55	1	√
●F24a	11.32	7023	2640	1.899	5.59	12.77	0.00	1	√
F9	11.14	7277	2619	1.844	6.86	26.43	0.32	1	√
n. i. c. - F	-	7020	2107	1.656	0.69	11.11	0.69	1	√
F33	11.57	7006	-	1.400	2.40	0.39	0.10	2	√
F33note	11.41	3519	2632	1.319	5.81	14.40	0.86	1	√
●F24a	11.5	7023	-	1.300	8.80	17.40	0.00	2	√
F5	11.07	3176	2629	1.237	6.46	13.25	0.00	1	√
n. i. c. - F	-	-	3039	1.140	12.00	61.20	0.00	1	√
●F24b	11.31	72.2.450	2624	1.070	4.07	16.68	0.00	1	√
F29	11.36	7102	2751	0.918	8.51	48.18	0.00	1	√
n. i. c. - F	11.13	7100	2790	0.895	5.76	19.54	0.99	1	√
F27	11.35	7017	2096	0.827	6.26	16.20	6.32	1	√
F23	11.29	7007a	2636	0.811	4.08	7.67	0.12	1	√
F21	-	7184	2776	0.564	14.04	17.47	0.00	1	√
249	11.26	7189	2754	0.562	0.39	1.37	0.87	1	
F12	11.16	7076	2644	0.556	5.40	15.09	0.00	1	√
n. i. c. - F	11.08	3537	2633	0.533	6.95	29.41	2.08	1	√
132	5.28	3538	2615	0.500	28.38	24.15	0.00	1	
F6	11.09	3514	2089	0.497	5.85	45.03	0.00	1	√

*译者注:广阔的欧亚大草原地带(黑海沿岸、哈萨克斯坦、南西伯利亚、蒙古和中国北方)在古代广为流行动物纹饰青铜器,有些国外学者把中国北方的古代动物纹饰青铜器纳入斯基泰·西伯利亚“野兽纹青铜器”范畴,并命名为“鄂尔多斯青铜器”。

(续表 1)

藏品号	文献 ^[21] 编号	Sackler 馆编号	实验编号	锌(%)	锡(%)	铅(%)	砷(%)	分析次数	伪器标注
n. i. c. - ok	11. 59	7019	-	0. 480	5. 90	7. 10	0. 52	2	
224	8. 118	7015	2094	0. 428	13. 48	13. 02	0. 00	1	
F27	11. 51	7017	-	0. 410	5. 40	11. 60	0. 41	2	✓
F15	11. 2	3588	2653	0. 377	4. 72	9. 91	0. 27	1	✓
F13	11. 17	4560	2635	0. 357	4. 45	25. 95	0. 00	1	✓
F7	11. 1	3079	2656	0. 348	7. 54	12. 46	0. 92	1	✓
234	8. 207	7013	2093	0. 326	1. 36	3. 57	2. 27	1	
F20	11. 25	7016	2095	0. 302	10. 53	19. 65	0. 00	1	✓
223	8. 115	7008	2092	0. 277	6. 76	24. 92	0. 68	1	
F4	11. 06	3089	2626	0. 273	6. 32	9. 65	4. 36	1	✓
F1	11. 01	72. 2. 19	2621	0. 261	10. 53	2. 03	0. 00	1	✓
F3note	11. 05	7272	2649	0. 253	7. 14	48. 79	0. 00	1	✓
231	8. 116	7009	2745	0. 250	10. 12	38. 10	0. 00	1	
112	5. 27	7077	2750	0. 197	17. 48	16. 75	0. 00	1	
155	6. 03	7026	2747	0. 197	16. 40	2. 59	0. 00	1	
240	8. 201	7021	2097	0. 196	3. 54	3. 36	1. 20	1	
241	8. 205	7052	2101	0. 173	3. 03	1. 17	12. 11	1	
252	10. 01	3103	2628	0. 171	10. 83	1. 36	0. 82	1	
F23	11. 3	7007b	2637	0. 169	3. 86	19. 97	0. 19	1	✓
250	9. 02	7147	2103	0. 163	10. 10	29. 28	0. 00	1	
218	8. 113	7074	2749	0. 152	7. 32	22. 33	0. 00	1	
F34	11. 42	7018	2639	0. 151	0. 67	0. 86	8. 30	1	✓
●203	7. 204	7022	2098	0. 148	4. 97	7. 72	0. 07	1	
6	1. 01	2029	2862	0. 146	20. 13	2. 94	0. 00	1	
238	8. 202	7. 22. 442	2622	0. 139	0. 24	8. 79	7. 82	1	
146	6. 01	7325	2105	0. 137	13. 40	0. 60	0. 13	1	
242	8. 206	3925	2091	0. 136	6. 36	21. 98	1. 79	1	
238	8. 203	7148	2618	0. 135	1. 73	0. 30	10. 72	1	
239	8. 204	7024	2099	0. 134	0. 44	0. 09	0. 32	1	
F22	11. 27	3102	2627	0. 131	11. 09	1. 17	1. 04	1	✓
F23	11. 48	7077a	-	0. 130	7. 20	13. 10	0. 48	2	✓
147	6. 02	7073	2643	0. 126	22. 06	2. 19	0. 19	1	
32	3. 01	3100	2864	0. 119	23. 94	0. 13	0. 27	1	
F31note	11. 4	-	2727	0. 118	2. 23	34. 06	1. 65	1	✓
F2	11. 02	7346	2651	0. 117	7. 95	15. 48	0. 00	1	✓
F23	11. 49	7007b	-	0. 110	6. 40	13. 30	0. 42	2	✓
F8	11. 11	7107	2150	0. 102	13. 24	26. 62	0. 00	1	✓
8	1. 05	7343	-	0. 100	4. 20	12. 50	0. 05	3	
F3note(ok)	11. 04	7272	2649	0. 090	6. 86	0. 52	3. 67	1	
199	7. 201	7051	2748	0. 076	1. 61	15. 61	0. 00	1	
F10	11. 15	7012	2638	0. 063	0. 26	1. 36	0. 21	1	✓
263	10. 06	3315	2631	0. 060	10. 35	5. 80	0. 27	1	
F31	11. 4	7014	2616	0. 051	1. 69	29. 13	0. 20	1	✓
F29note	11. 38	72. 2. 457	2792	0. 047	10. 20	41. 46	0. 26	1	✓
233	8. 117	7000	2743	0. 036	0. 57	1. 28	0. 06	1	
239	8. 212	7024	-	0. 040	0. 32	0. 29	0. 08	2	
179	7. 101	3428	2785	0. 034	11. 52	20. 11	0. 00	1	
251	9. 1	7048	-	0. 030	3. 60	0. 07	0. 22	2	
243	8. 213	7013	-	0. 000	0. 47	4. 04	0. 36	2	
250	9. 03	7050	2100	0. 000	3. 18	7. 19	0. 66	1	
249	9. 04	7198	-	0. 000	0. 10	0. 40	0. 51	2	
257	10. 02	3475	2775	0. 000	1. 66	3. 10	4. 42	1	
F10	11. 46	7012	-	0. 000	0. 005	0. 20	0. 0037	2	✓
F20	11. 47	7016	-	0. 000	7. 20	6. 00	0. 0001	2	✓
F31	11. 54	7014	-	0. 000	0. 36	6. 74	0. 0012	2	✓
F34	11. 58	7018	-	0. 000	0. 37	1. 97	0. 0024	2	✓

表2 佛利尔艺术博物馆藏带勾成分分析表

藏品号	分类号	年代	Cu(%)	Sn(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)	总计(%)	器长/cm
SC540	7.0	1500.	54.7	0.0	9.4	33.13	2.02	99.2	10.3
19.69A	1.2	1800.	72.0	4.4	17.5	4.97	0.00	98.9	34.0
16.441	1.2	1800.	71.9	7.1	16.7	3.22	0.00	98.9	32.4
15.189	1.2	-225.	83.3	3.9	9.4	0.74	0.25	97.6	10.7
X117	2.2	1300.	97.9	0.0	0.9	0.61	0.00	99.4	11.5
15.185	8.2	-225.	97.0	0.2	0.0	0.40	0.00	97.6	17.6
X108	11.2	25.	72.9	6.3	18.0	0.29	0.00	97.5	3.1
X102	11.1	-250.	69.7	14.0	13.0	0.22	0.00	96.9	3.0
X115	2.2	1300.	97.9	0.0	1.0	0.22	0.00	99.1	10.8
16.265	11.2	0.	58.4	3.5	33.4	0.10	0.40	95.8	2.9
11.83	1.1	-350.	60.2	1.5	37.1	0.00	0.13	98.9	12.4
11.84	2.2	-250.	94.0	3.3	0.4	0.00	0.61	98.3	5.0
11.85	1.1	-325.	70.4	2.1	25.8	0.00	0.00	98.3	13.2
13.97	6.0	9.	91.4	3.1	2.9	0.00	0.00	97.4	16.6
13.112	11.2	0.	76.0	3.2	16.9	0.00	0.30	96.4	3.2
13.118	1.2	-250.	51.5	0.8	46.1	0.00	0.00	98.4	18.0
13.119	3.0	-250.	95.4	1.0	0.8	0.00	0.00	97.2	14.2
13.120	3.0	-100.	96.7	0.7	0.6	0.00	0.40	98.4	18.6

品均确实实是采用了这种铸造方法。大多数情况下,在仿制品外缘中间四周有一圈分型线,可以判断是用蜡在阴模(如石膏模)中制作蜡模时形成的,但在真器上几乎看不到这一现象。这在 Shelby White 和 Leon Levy 收藏的一组 20 件鹿纹饰牌上看得尤其真切。

X 射线照相术的诞生,有时可使一些物体的真实面貌袒露无疑。通过这些 X 光照片,可以区分出一件含锌 0.15% 的饰牌真品(藏品号:203)和二件后期的仿制品(藏品号:F24a 和 F24b)。以上三件饰牌在表 1 中均有黑圆点在编号左边标注,其中 F24a 饰牌由我们(分析编号 1)和 Samllin 及 Drew(分析编号 2)分析了 2 次,其结果相当吻合。

从 X 光照片可以看到,那件饰牌真器有一块斑驳色,可能是不良混合物或不纯净金属,也可能是由于腐蚀造成的;而二件仿制饰牌的 X 光照片则相当纯清,一看便知是完善的现代铸件。如欲进一步了解详细资料或其他实例可查阅 Emma C. Bunker 主编的一书^[21]。

就欧亚草原类动物纹青铜器而言,含锌量高于 0.5% 将意味着该青铜器是赝品或晚期的仿制品(个别例子除外);含锌量在 0.04%—0.5% 之间的则是有疑问的,或真或假;当含锌量低于 0.04% 时,意味着该青铜器或许是真器。尽管表 1 中最后四件青铜器不含锌,但也有可能是晚期的仿制品。

6 带勾

60 年代晚期,我们对佛利尔艺术博物馆所藏的 159 件带勾进行了广泛而深入的研究。这些研究对象中的绝大部分为青铜器,共有 146 件,其中有 10 件检测到锌。表 2 为这 146 件青铜带勾中前 18 件的分析结果,按含锌量递减顺序排列。

带勾 SC504(或 SC-B-12)含有 33.13% 的锌,显然是一件晚期的赝品,估计是清代或民国的制品。虽然很想能听到其他不同的见解,但我仍可肯定它不是周或汉代的器物。

表 3 佛利尔艺术博物馆藏中国古代青铜雕塑成分分析表

年代	总件数	项目	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	As	Sb	Ni	Bi	Ag	Co	Au
北魏 (386 - 534 A. D.)		平均值/wt%	87	5.6	5.1	0.06	0.38	0.43	0.30	0.07	0.04	0.14	0.02	0.11
	14	范围/wt%	81 - 91	4.0 - 7.3	3.1 - 8.3	0.01 - 0.20	0.02 - 2.40	0.26 - 1.04	0.16 - 0.44	0.05 - 0.09	0.03 - 0.06	0.09 - 0.19	0.01 - 0.03	0.00 - 0.80
		标准偏差	3	1.0	1.7	0.06	0.59	0.18	0.07	0.01	0.01	0.02	0.01	0.23
北齐 (550 - 557 A. D.)		平均值/wt%	75	8.2	12.5	0.02	0.40	0.39	0.21	0.06	0.04	0.17	0.02	0.00
	6	范围/wt%	69 - 87	5.8 - 9.3	2.2 - 21.1	0.00 - 0.06	0.02 - 1.67	0.24 - 0.67	0.08 - 0.30	0.04 - 0.09	0.00 - 0.09	0.03 - 0.50	0.01 - 0.05	0.00 - 0.16
		标准偏差	7	1.2	6.9	0.02	0.59	0.15	0.08	0.02	0.03	0.16	0.01	0.06
魏晋南北朝 (220 - 581 A. D.)		平均值/wt%	77	8.5	11.8	0.02	0.27	0.41	0.37	0.11	0.04	0.10	0.06	0.02
	15	范围/wt%	66 - 88	4.5 - 14.6	2.4 - 22.2	0.00 - 0.07	0.00 - 0.08	0.17 - 0.97	0.15 - 1.24	0.06 - 0.49	0.12 - 0.39	0.01 - 0.30	0.00 - 0.18	
		标准偏差	6	2.8	5.0	0.02	0.28	0.19	0.26	0.10	0.02	0.07	0.09	0.04
隋朝 (581 - 618 A. D.)		平均值/wt%	77	9.5	12.7	0.02	0.38	0.29	0.22	0.07	0.02	0.10	0.03	0.05
	8	范围/wt%	66 - 84	8.1 - 16.2	5.0 - 22.2	0.00 - 0.06	0.13 - 1.02	0.11 - 0.41	0.17 - 0.27	0.06 - 0.10	0.00 - 0.05	0.04 - 0.13	0.01 - 0.12	0.00 - 0.20
		标准偏差	6	3.2	5.6	0.02	0.35	0.09	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.06
唐代 (618 - 907 A. D.)		平均值/wt%	75	10.1	14.0	0.02	0.21	0.46	0.28	0.08	0.06	0.18	0.03	0.06
	42	范围/wt%	66 - 84	6.2 - 14.6	6.0 - 28.7	0.00 - 0.19	0.00 - 0.77	0.00 - 2.01	0.00 - 1.16	0.01 - 0.25	0.00 - 0.46	0.03 - 0.61	0.00 - 0.12	0.00 - 1.21
		标准偏差	6	2.2	5.2	0.04	0.22	0.44	0.24	0.04	0.07	0.12	0.03	0.18
宋代 (960 - 1279 A. D.)		平均值/wt%	78	6.2	12.2	0.02	0.62	0.58	0.11	0.11	0.04	0.11	0.03	0.01
	6	范围/wt%	63 - 98	1.0 - 11.7	0.0 - 26.5	0.00 - 0.04	0.02 - 2.90	0.00 - 2.10	0.00 - 0.29	0.02 - 0.17	0.00 - 0.10	0.00 - 0.26	0.00 - 0.11	0.00 - 0.03
		标准偏差	14	4.2	10.6	0.02	1.03	0.75	0.09	0.06	0.04	0.09	0.04	0.01
明代 (1368 - 1644 A. D.)		平均值/wt%	72	6.8	17.4	2.06	0.54	0.29	0.20	0.10	0.05	0.08	0.02	0.01
	4	范围/wt%	66 - 80	1.5 - 10.110	4 - 27.3	0.07 - 6.20	0.11 - 1.16	0.12 - 0.44	0.09 - 0.30	0.08 - 0.12	0.00 - 0.12	0.01 - 0.12	0.01 - 0.03	0.00 - 0.01
		标准偏差	6	3.4	6.3	2.47	0.44	0.15	0.08	0.01	0.04	0.04	0.01	0.01
清代 (1644 - 1911 A. D.)		平均值/wt%	70	7.1	16.4	4.69	0.23	0.35	0.17	0.11	0.04	0.05	0.01	0.00
	6	范围/wt%	64 - 72	0.3 - 14.0	2.6 - 20.00	0.02 - 26.74	0.00 - 1.01	0.09 - 0.80	0.07 - 0.21	0.03 - 0.35	0.00 - 0.09	0.02 - 0.11	0.01 - 0.02	
		标准偏差	3	4.2	6.2	9.87	0.36	0.23	0.05	0.11	0.03	0.03	0.00	0.00

19. 69A 和 16. 441 这二件带钩很有些特别,它们是馆藏最久的青铜带钩,当然在其他的一些博物馆里也有类似的藏品。它们被检测出有相当含量的锌,分别为 4. 97% 和 3. 22%,令人感兴趣的是它们还含有较高的铅(17. 5% 和 16. 7%)。当我们查阅一些镀金带钩的分析数据时不难发现,镀金带钩通常是由纯铜制成,含铅量并不高。这二件带钩的装饰看似有些奇特,而能确切证明其真伪的恰恰是这些装饰的结构。因为带钩上的乳丁纹小球不是和器体一起整体铸造而成,而是焊接上去的,在小球的边缘可发现有接缝。显然这二件带钩是晚期的伪器,也许是明代的?

在其余的带钩中,带钩 15. 89(含锌 0. 74%)可能是真器;带钩 X117(及类似的另一件带钩 X115)显然是晚期——明代或清代的制品;其他含锌的带钩(含锌量低于 0. 40%)则可能都是真器;表中的另一件 15. 185 带钩看上去很干净,如果从这一点来怀疑,也许它是用含锌合金复制的?另外的三件小带钩(X106、X102 和 F16. 265)则可能是汉代的。

这些带钩的 X 光照片基本上和欧亚草原类动物纹饰牌非常相似。不过,在我们的收藏品中也混入了少量的仿制品和晚期制品。

7 晚期的中国青铜器

在深入研究 Freer 艺术博物馆所藏小型青铜雕塑的过程中^[22],研究者发现宋代以前各时期的青铜雕塑均不含锌元素。其中仅有二件年代在宋代以前的青铜雕塑被检测出含锌量超过 1%,一件是一石棺基座上围栏的替代品,另一件则是近代后配的观音底座。在此,我将分析数据求得平均值后重新编列成表 3,由平均值明显可看到,检测出含较高锌量的青铜器仅出现在明代。

8 结论

我们所看到的四组青铜器表明:每组中均有一些青铜器仅含微量的锌(低于 1%),它们可能都是真器;尤其令人高兴的是,四组青铜器的数据(包括新近发表的数据^[1])获得了一致的结论。

任何含锌的青铜器都是有疑问的。那些被检测出含较高锌量的、并被想象为是早期的中国古代青铜器,都应该对其进行周密细致的核查,以确认其真伪。含锌量超过 1% 者则是极为可疑的。

我在沿着 John Gettens 先生的思路,继续着有关中国晚期青铜器、尤其是仿古类青铜礼器含锌问题的严格的讨论,我们希望在不久的将来对此问题会有更确切的研究结论。不管怎么说,锌对于我们考证青铜器的真伪性所起的作用是显而易见的。

参 考 文 献

- 1 Zhou Weirong, Fan Xiangxi. Application of Zinc and Cadmium for the dating and authenticating of metal relics in ancient China. *Bulletin of the Metals Museum*, 1994 - II, 22: 16 - 22
- 2 安志敏,中国早期铜器的几个问题,《考古学报》,1981,3:269 - 284
- 3 安志敏,试论中国的早期铜器,《考古》,1993,12:1110 - 1119
- 4 Mair, Victor. Letter to Friends, 22 May 1995
- 5 Li Xueqin. *The wonder of Chinese Bronzes*. 北京:外语出版社,1980
- 6 北京钢铁学院冶金史组,中国早期铜器的初步研究,《考古学报》,1981,3:287 - 302

- 7 Zhou Weirong, Fan Xiangxi. Application of Zinc and Cadmium for the dating and authentication of metal relics in ancient China. *Bulletin of the Metals Museum*, 1994 - II, 22: 16 - 22
- 8 Bowman, Sheridan G. E., M. R. Cowell, and J. Cribb. Two thousand years of coinage in China; An Analytical Survey. *Historical Metallurgy*, 1989, 23(1): 25 - 30
- 9 Craddock, Paul T, et al. Zinc in India. In: Craddock, Paul T. ed 2000 years of Zinc and Brass. Occasional paper. No. 50. London: British Museum, 1990: 29 - 72
- 10 Xu Li. Traditional Zinc - smelting technology in the Guma District of Hezhang County, In: Craddock, Paul Ted 2000 years of Zinc and Brass. Occasional paper. No. 50. London: British Museum, 1990: 103 - 121
- 11 Gettens, Rutherford John. *Freer Chinese Bronzes*, Vol. 2, Technical studies. Smithsonian Institution, Freer Gallery of Art, Oriental Studies, No. 7. Smithsonian Publication 4706. Washington, D. C, Smithsonian Institution, Freer Gallery of Art, 1969: 20 - 21, 43 - 44
- 12 Chang H T. The beginning of the using of Zinc in China. *Geological Society of China, Bulletin* 1923, 2: 1 - 2: 17 - 27
- 13 Chang H T. New research on the beginning of the using of Zinc in China. *Geological Society of China*, 1925, *Bulletin* 2: 125 - 132
- 14 Caley, Earle R. *Orichalcum and related alloys*. New York: Wiley, 1964
- 15 Gettens, Rutherford John. *Freer Chinese Bronzes*, Vol. 2, Technical studies. Smithsonian Institution, Freer Gallery of Art, Oriental Studies, No. 7. Smithsonian Publication 4706. Washington, D. C, Smithsonian Institution, Freer Gallery of Art, 1969: 43 - 44
- 16 Gettens, Rutherford John. *Freer Chinese Bronzes*, Vol. 2, Technical studies. Smithsonian Institution, Freer Gallery of Art, Oriental Studies, No. 7. Smithsonian Publication 4706. Washington, D. C, Smithsonian Institution, Freer Gallery of Art, 1969: 21
- 17 Gettens, Rutherford John. *Freer Chinese Bronzes*, Vol. 2, Technical studies. Smithsonian Institution, Freer Gallery of Art, Oriental Studies, No. 7. Smithsonian Publication 4706. Washington, D. C, Smithsonian Institution, Freer Gallery of Art, 1969: 48 - 53
- 18 中国社会科学院考古研究所编, 殷墟妇好墓. 北京: 文物出版社, 1980。
- 19 Chase W. Thomas, Janet Douglas, Emma C. Bunker. X - ray fluorescence as an aid to art historical studies of ancient Bronzes from the Eastern Eurasian Steppes. In: Suzanne M. Young, Paul Budd. Eds. Cambridge, MA and Bradford, U. K., 1998(?), in preparation.
- 20 Chase W. Thomas, Janet G Douglas. Appendix 2: Technical studies and metal compositional analysis of Bronzes from the Eastern Eurasian Steppes. In: Bunker, Emma C. ed. *Ancient Bronzes of the Eastern Steppes from the Arthur M. Sackler collections*. New York: The Arthur M. Sackler Foundation, 1997, 306 - 318
- 21 Bunker Emma C. *Ancient Bronzes of the Eastern Steppes from the Arthur M. Sackler collections*. New York: The Arthur M. Sackler Foundation, 1997.
- 22 Jett Paul, Janet G. Douglas. Chinese Buddhist Bronzes in the Freer Gallery of Art: Physical features and elemental composition. *Materials Research Society Symposium Proceedings*, 1992, 267: 205 - 223

1999 - 04 - 16 收到