

EDX 分析青铜器成分

EDX-066

摘要：古青铜器是古代科技文化的结晶，既有很高的艺术欣赏价值，也有很高的科学研究价值。中国掌握青铜器的制造技术有 5000 多年历史了，在长期实践中已经认识到合金成份与青铜的性能用途之间的关系。本文使用 EDX-7000 型 X 射线荧光分析仪，探索了青铜器成分的分析方法，为青铜器的考古研究提供辅助证据。

关键词：青铜器 成分分析 能量色散型 X 射线荧光分析仪

铜是人类最早认识的金属之一，青铜器是铜与锡、铅等物质的合金。青铜熔点低，熔液流动性好，凝固时收缩率小，铸造性能佳。青铜文化在世界各地都有发展，中国古代人很早就掌握了以青铜作为原料制作工具和器皿的方法。中国考古发现最早的青铜器，距今已有 5000 多年。中国青铜器制作精美，艺术价值高，在世界青铜器文物中享有极高的声誉。

红铜硬度低，不适于制作工具。在红铜中加入锡炼成青铜合金后，硬度得到了提高，青铜的硬度与锡的添加量有关系。《周礼·考工记》里六分其金法，详细记载了不同用途合金的配方。铅的加入可以降低合

金熔液熔点，提高铸造时的流动性，减少气泡，改善成型性能，对于大型器皿、薄壁器皿，精密纹饰器皿的铸造有利。青铜器中的锡、铅添加量，是古匠人长期实践经验总结及传承的结果，青铜器的成分带有各个历史时期及地域的特征，可以为青铜器的考古研究提供鉴定参考证据。

青铜器的成分分析多采用无损的 X 射线荧光分析仪进行分析，本文使用岛津 EDX-7000 型 X 射线荧光分析仪，对青铜器的成分进行分析，可为青铜器的考古鉴定提供科学的证据。

■ 实验部分

1.1 仪器

岛津 EDX-7000 能量色散型 X 射线荧光分析仪。



图 1 EDX-7000

1.2 分析条件

氛围：大气
靶材：Rh
电压：15 kV、50 kV
DT：30%

准直器：10 mm
滤光片：None
电流：Auto
分析时间：100 s

1.3 实验样品

青铜器实验样品见图 2。



图 2 青铜器实验样品

1.4 样品前处理

古青铜器是经历了时间沉淀的文物，表层存在锈蚀层。X 射线荧光分析仪是表面分析仪器，锈蚀层的存在对 X 射线分析仪的分析结果存在影响。必要时可选定分析区域部位，对分析表面进行清洁处理，除去分析区域的锈蚀层，处理后的样品直接放置在样品室中，使用分析仪器自带的摄像系统对样品进行定位分析。

■ 结果与讨论

2.1 分析结果

采用仪器自带的定性定量分析条件，对青铜器样品进行分析，分析区域分别选取样品处理区域和样品未处理区域，比较锈蚀层对分析结果的影响，分析结果见表 1。

表 1 定性定量分析结果

单位：wt / %

样品名称	Cu	Sn	Pb	Si	Fe
未处理区域	36.067	30.923	26.558	3.580	2.872
处理区域	78.005	13.802	8.147	-	0.046

注释：表中“-”表示定性定量分析中未检出。

采用 EDX-7000 分析仪定性定量分析条件，大气环境下对青铜器样品的处理部位进行分析，使用仪器自带的高清晰度摄像系统进行定位，分析数据的谱图见图 3。

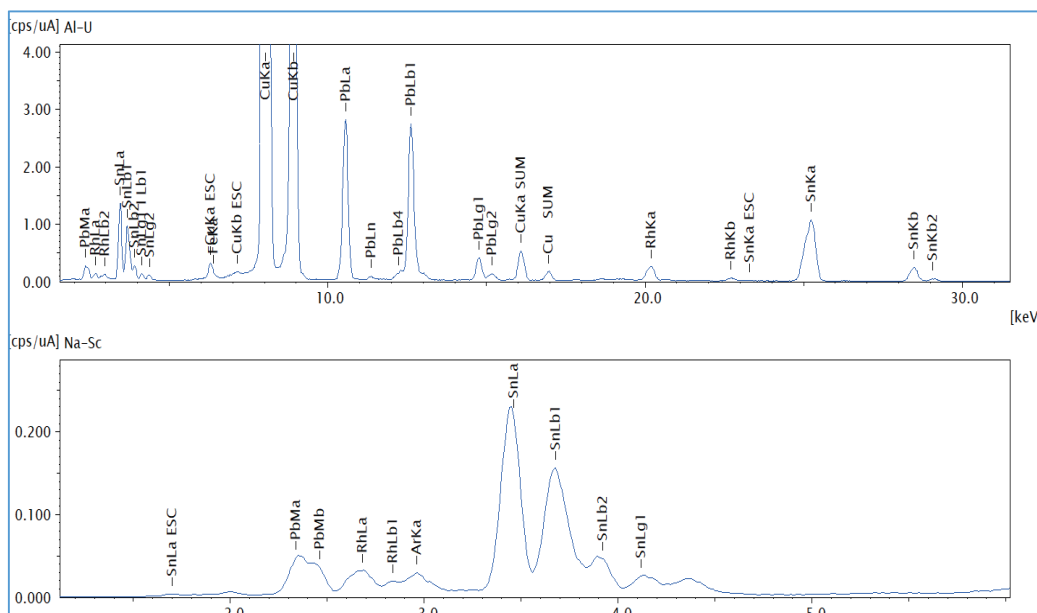


图 3 青铜器样品分析谱图

2.2 结果讨论

青铜器 EDX 分析结果显示, 青铜器样品未处理区域的分析结果中出现较高的铁和硅含量, 青铜器有高含量的铁和硅是不常见的, 多为青铜器锈蚀过程接触外界物品的反应产物。锈蚀层的存在对青铜器样品的成分分析影响较大, 在包含锈蚀层的未处理区域, Cu 分析含量大幅度低于处理后的合金基体, Sn、Pb 分析含量明显高于处理后的合金基体。文献记载在青铜器 CuSnPb 合金中, Pb 以游离状态存在, 含 Sn 较低时, CuSn 合金相易受到环境腐蚀, Cu 比 Sn 更容易流失, 从而形成锈蚀层 SnPb 元素含量的被动增加^[1-3]。不同时期、地域的青铜器成分存在差异, 有时为达到精细的铭文、纹饰等的铸造效果, 往往在 Sn、Pb 成分上做控制, 以达到降低青铜溶液的熔点、改变青铜溶液的流动性、提高成型效率, 达到精细铸造的效果。这些铸造的信息特征可从青铜器的成分数据中得到呈现。

■ 结论

利用岛津能量色散型 X 射线荧光光谱仪, 定性定量分析青铜器的成分, 分析简单、过程无损、无需复杂的前处理、快速得到青铜器元素成分, 可为青铜器考古研究的提供辅助的鉴定证据, 是青铜器考古鉴定常用的方法手段之一。

■ 参考文献

- [1] 黄宗玉, 潘春旭, 倪婉, 陈官涛. 春秋战国楚青铜箭镞的锈蚀机理研究. 电子显微学报, 2006, 25 (11): 46-50.
- [2] 黄宗玉, 潘春旭, 倪婉, 陈官涛. 长江中游地区楚墓中出土的青铜箭镞的锈蚀现象及锈蚀机理研究. 文物保护与考古科学, 2008, 20 (4): 16-25.
- [3] 黄宗玉, 廖灵敏. 秦始皇兵马俑坑出土青铜兵器的锈蚀形态和特征. 理化检验, 2011, 47 (2): 75-77.

岛津应用云

