

岛津电子探针在洛阳王作鼎修复中的应用

EPMA-041

摘要：电子探针作为一种无损检测技术，可用于文物的精确成分分析和元素分布分析。本文利用岛津电子探针显微分析仪对洛阳出土的王作鼎残片进行了微区定性、定量及元素面分析，结果表明样品材质为青铜合金，元素面分析结果显示 Pb 元素具有偏析现象。测试结果可为王作鼎保护修复方案的制定与实施提供科学依据。

关键词：文物检测 王作鼎 青铜鼎 电子探针



洛阳王作鼎发掘残片及修复完成图

由于文物埋藏环境伴随着历史的变迁、朝代的更迭、自然环境的演变及人为的破坏，出土文物大多存在较重程度的损坏，后续对破损文物进行科学系统的修复是不可或缺的环节。

文物的修复处理必须依据严格的科学原理，遵循不改变文物原貌的原则，既要有效地清除文物潜在的危害因素，又要最小限度地干涉文物；分析研究文物的化学组成、文物腐蚀情况和腐蚀产物等，可为文物的保护修复提供科学依据，因此在对文物实施保护修复的处理前，进行系统的分析检测非常必要。

随着精密仪器的不断发展，现代分析技术已广泛应用于文物保护领域，无损检测分析技术作为珍贵文物保护手段之一，对文物的修复与展陈有着十分重要的意义。其中，在微区分析领域，电子探针（EPMA）

分析是无损检测中的一项有代表性的技术。

电子探针显微分析法是利用聚焦电子束轰击固体样品表面，根据微区内所激发出的特征 X 射线波长和强度进行元素定性定量的分析方法，可用于文物的精确成分分析和元素分布分析。

2002 年于洛阳市西工区第二十七中学校园内的东周墓出土的“王作鼎”，器型高大，制作考究，鼎内铸有“王作宝尊彝”五字铭文，是洛阳地区迄今为止发现的唯一的周王自作的青铜器。但因该墓曾多次被盗，王作鼎损坏较重。

本文利用岛津电子探针显微分析仪对王作鼎的残片进行了无损分析，测试结果可为王作鼎保护修复方案的制定与实施提供科学依据。

■ 实验部分

1.1 仪器

岛津电子探针显微分析仪 EPMA-1720



1.2 分析条件

加速电压：15 kV

束流：定性分析 100 nA、面分析 100 nA、定量分析 20 nA

测试时间：定性分析 6 min、面分析 50 ms/point、定量分析 10 s

强度单位：Counts

■ 样品处理

青铜碎片样品经过打磨，露出的青铜基体，利用橡皮泥裹覆后固定于样品台，并用导电胶带粘贴联通，上机测试。



■ 结果与讨论

图 1 为该王作鼎碎片样品定性分析谱图，由图 1 可见，样品主元素为 Cu、Sn，含有微量的 Fe、Pb、S、Ca、C 等元素。

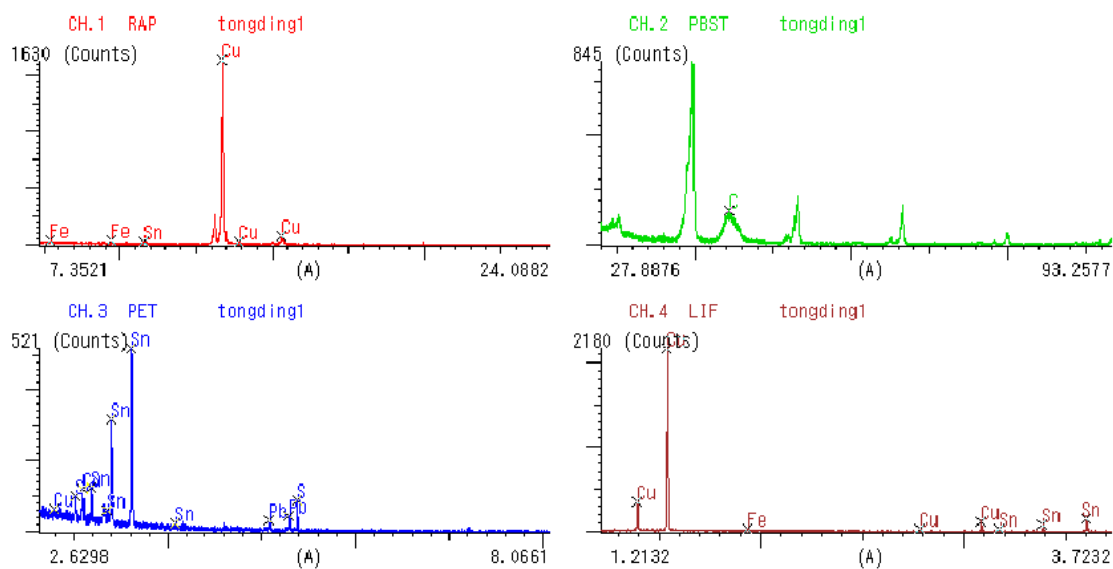


图1 王作鼎碎片样品衍射谱图

定量结果见表1，结果显示 Cu、Sn、Pb 元素含量分别为 79.247%、13.342%、5.638%，表明是青铜合金。

表2 玻璃试样的 EPMA 测试结果

Content	C	S	Pb	Sn	Fe	Cu	Total
Wt%	1.041	0.06	5.638	13.342	0.324	79.247	99.652
At%	5.853	0.126	1.837	7.59	0.391	84.203	100

对图2实物图中黄色方框区域对 Cu、Sn、Pb 元素的面分布情况进行分析，结果见图3。



图2 样品实物图及元素面分析区域

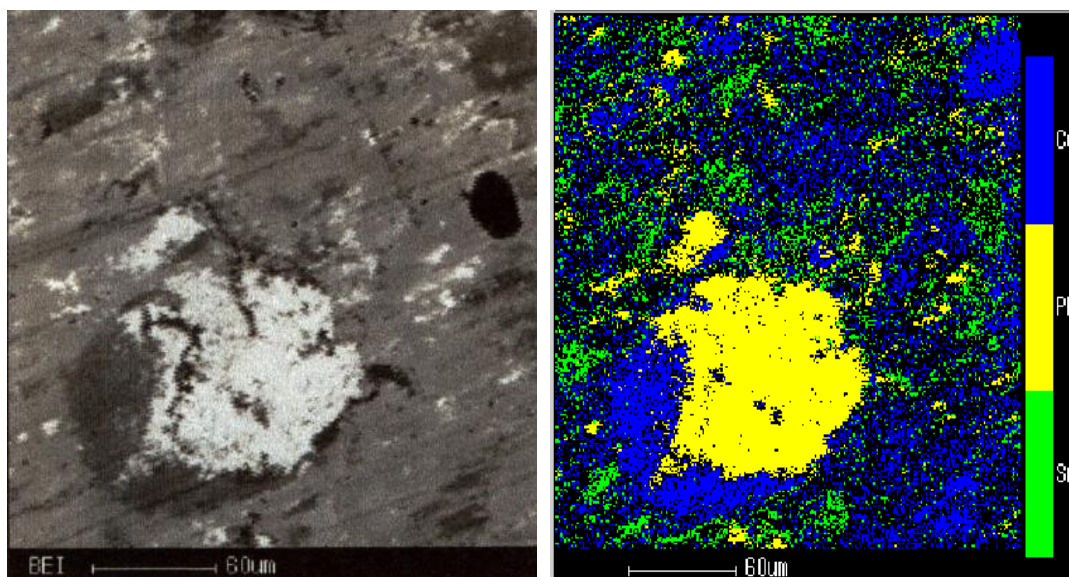


图3 二次电子像及元素面分布图

面分析结果反映了 Pb、Cu、Sn 元素的分布情况，分析结果显示 Pb 元素具有偏析现象。

结合其他测试手段综合分析，锈蚀产物主要有蓝铜矿、孔雀石、氯铜矿、白铅矿等矿物形态，其中绿铜矿为有害锈，具有传染性，属危害因素，因此这些锈蚀需要在修复保护过程中去除。

(感谢首都博物馆邵芳老师提供的照片和数据)

■ 结论

本文利用岛津电子探针显微分析仪对王作鼎的残片进行了微区无损分析，定性测试结果显示样品主元素为 Cu、Sn，结合定量结果，表明样品材质为青铜合金；元素面分析结果显示 Pb 元素具有偏析现象；结合其他测试手段综合分析，可对锈蚀产物类型进行判定，测试结果可为王作鼎保护修复方案的制定与实施提供科学依据。

岛津应用云

