

# 文物保护修复 理论与实践

——金石匠学之路



中国社会科学院考古研究所文化遗产保护研究中心 编

王浩天 主编 梁宏刚 副主编



科学出版社



# 文物保护修复 理论与实践

——金石匠学之路



中国社会科学院考古研究所文化遗产保护研究中心 编  
王浩天 主编 梁宏刚 副主编



科学出版社

北京

## 内 容 简 介

文物保护修复是能够使得文物流传后世并体现其价值内涵的重要科学技术之一，中国文物保护修复技术源远流长、传承有序，有着自己独特的理念和技艺。

《文物保护修复理论与实践》收录了中国社会科学院考古研究所文化遗产保护研究中心从事文物保护修复的科技人员，近年来在文物保护修复理论与实践和技术经验总结的论文报告10篇。内容主要包括考古发掘出土铁质文物、青铜器、彩绘陶器、彩绘木质文物保护修复科学技术的研究与实施，馆藏文物病害调研与应急保护处理的实践，以及文物修复与复制中一些具体应用技术的探索。

本书是一部跨学科交叉、文理工融合的综合性文物保护修复科学技术论著，对于文物保护修复科学技术工作者、文物爱好者以及从事相似专业工作的人们，具有一定的借鉴意义。

### 图书在版编目(CIP)数据

文物保护修复理论与实践：金石匠学之路 / 王浩天主编：中国社会科学院考古研究所文化遗产保护研究中心编. —北京：科学出版社，2014. 11

ISBN 978-7-03-042398-6

I. ①文… II. ①王… ②中… III. ①文物保护—中国 ②文物—器物修复—中国 IV. ①K87 ②G264.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第260323号

责任编辑：宋小军 / 责任校对：刘小梅

责任印制：赵德静 / 书籍设计：北京美光设计制版有限公司

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号  
邮政编码：100717  
<http://www.sciencep.com>

北京华联印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2014年11月第 一 版 开本：889×1194 1/16

2014年11月第一次印刷 印张：15 3/4

字数：453 000

定价：280.00元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

# 序

在中国，好古鉴古藏古，尚矣。

早在新石器时代的龙山文化时期，已兴传承收藏前代器物之风。至商周时期，爱好传统文化、鉴藏前人旧物甚至推陈出新，渐成风尚。于是乎，像商王武丁之妻妇好的墓中，出土红山文化玉龙以及具有山东龙山文化风格、二里头文化风格之玉器等现象，比比皆是，不胜枚举。往后历代，此风日盛，以至在宋代成就一门学问，所谓金石学也。再后，结合西方之学，有了中国考古学，发掘、研究古代遗迹遗物，竟成显学。

古物收藏与研究，催生了一种技艺——文物修复和仿制复制。宋时已露头角，而清乾隆发扬光大至前无古人之境地。现代考古学兴起，出土文物数量巨大，其修复工作需要高超技术和优秀人才。虽各方大力培植，至今仍是人才匮乏，高手难求！又，科学的发展和社会的进步，文物保护成为新兴显学，新材料、新技术、新方法层出不穷，文物保护修复变成传统技艺与现代科学紧密结合之学问，其业者须兼具巧匠与科学家之品质。

中国社会科学院考古研究所创立已有六十余载，所获文物和科研标本数以十万计，其修复保护保存，得益于一支高素质的考古技术队伍，即当年的“技术室”，举凡绘图、照相、修复、复制……各有高手能人！不仅完成了本单位各考古队出土文物的修复保护任务，还经常为兄弟单位提供各种考古技术服务，解除出土文物修复保护之“疑难杂症”。几十年间，来自全国各地的青年才俊走进这里，拜师学艺，然后返归故里，为当地的文物考古事业贡献了聪明与才智。长久以来，这里是中国考古界文物修复保护的核心阵地，是优秀技术人才的大学堂和孵化器，享有崇高的学术地位。

2007年，中国社会科学院考古研究所新设立“文化遗产保护研究中心”，其科研业务涵盖了文化遗产理论法规、考古遗址保护和考古现场保护、实验室考古、出土文物保护修复和复制、文物保护规划设计等方面，获得了国家文物局颁发的“甲级可移动文物技术保护设计资质”、“一级可移动文物修复资质”、“甲级文物保护工程勘察设计资质”，拥有多名国内外著名老专家和优秀中年专家，延揽了一批有志从事出土文物修复保护工作的青年，已经完成数十项重要的文物保护修复和规划设计任务。文物保护修复项目包括了金银铜铁、陶瓷、玉石、骨蚌、织绣、漆木、书画等各类文物，其中，为人民大会堂复制的陶寺彩绘龙盘，陈设在最高国家权力机关的会堂之上；



为中国文字博物馆复制的青铜器、甲骨，成为该馆常年陈列品；为中央美术学院复制的青铜器，成为最高艺术殿堂上重要教学标本……。其认真的态度、精湛的技艺、出色的效果，博得了人们的高度赞赏！“文化遗产保护研究中心”延续了老“技术室”的优良传统，发展成为实力相当雄厚的文物保护修复专业机构，再次站在了我国文物保护修复的最前沿，诚可嘉许！

然，山高水长，任重道远。新时期的文物保护修复事业，有更高的学术目标，我们不仅要做好硬件建设，还要抓好人才队伍建设。今借以王浩天先生为首的“文化遗产保护研究中心出土文物修复保护研究部”编辑出版其科研成果集之机，写下以上琐言，希望该部门同仁——科研人员要有匠心匠能，练好手上基本功；技术人员要有科研意识学术思想，勤于学习思考。更寄望培养出一批复合型人才。故此建请以“金石匠学”为书名，昭示我们的目标与决心。

寥寥谬言，敢以充序。

杜金鹏

2014年8月7日于G427列车上

# 目 录

序

- 1 / 济南魏家庄遗址出土铁器腐蚀初步分析研究
- 25 / 中国社会科学院考古研究所部分劣化青铜器现状调研及其应急保护
- 105 / 一面铜镜“青铜病”防治中倍半碳酸钠法的改进运用
- 113 / 宋公栾簠的再次保护修复
- 133 / “司母辛”大方鼎的保护修复
- 149 / 陶寺彩绘陶器的保护修复
- 169 / 山西襄垣出土元代彩绘木质床屋棺柩的保护修复
- 219 / 青铜器焊接技术的理论实践
- 233 / 绘画技法在青铜器修复做旧随色中的应用
- 237 / 文物复制中的硅橡胶制模技术刍议
- 246 / 后 记



# 济南魏家庄遗址出土铁器腐蚀 初步分析研究

张红燕

2009 ~ 2010 年, 济南市考古研究所对魏家庄遗址的墓葬群进行了发掘, 出土了大量铁器、银器、铜器、陶器、石器、玉器等各类文物。其中铁器近 40 件, 其分布时代主要为西汉中晚期。铁器多为容器、兵器, 其中铁釜 4 件、铁鼎 11 件、铁剑 15 件、铁销 5 件、铁炉 2 件、鏃斗 1 件。铁鼎、铁釜、铁鏃斗、铁炉等铁制容器分别出土于不同的墓葬中, 多数为每座墓葬只随葬 1 件。铁剑多为长剑, 其中 2 件铁剑配有玉剑髀。出土的这些铁器文物数量之多和密度之大为国内所罕见。如此多的铁鼎, 山东省内甚至全国墓葬里出土这种铁鼎都是比较罕见的。这些铁器文物是研究山东汉代历史及铸铁技术的宝贵资料<sup>①</sup>。

济南地下水位很浅, 铁器出土时均位于水位以下。发掘时, 对遗址区陆续进行降水。受拆迁工作及降水的影响, 发掘工作时断时续, 直至持续到 2010 年。文物的发掘环境非常恶劣。铁器出土后仍有大量泥土包裹, 保存于无恒温恒湿条件的库房中, 与众多在其他质地的文物混杂在一起。受地下埋藏环境的长期作用, 以及发掘环境和保存环境的影响, 该批铁器的整体保存状况非常差, 铁质基体不断恶化, 表面点腐蚀和锈蚀裂隙病害正在不断加剧。铁器文物濒临全部毁损, 保护刻不容缓。

2013 年, 中国社会科学院考古研究所文化遗产保护研究中心承接了该批出土铁器文物的保护与修复。为更好地对该批铁器文物的保护修复做出指导, 现将该批铁器文物的腐蚀病害状况初步做出较为详细的分析研究。

## 1 铁器腐蚀现象

由于地下埋藏环境的长期作用, 而且出土时墓葬中随葬铁器均浸泡于地下水中, 并且受出土后保存环境的影响, 该批铁器的整体保存状况非常差。存在的病害有: 表面硬结物、残缺、裂隙、变形、层状剥离、瘤状物、通体矿化、点腐蚀、全面腐蚀(图 1.1 ~ 1.14)等。

铁器整体呈棕黄色, 出土后大多数未经保护处理, 铁器文物表面全部被疏松较厚的锈蚀层及表面硬结物严密覆盖。铁器锈蚀物结构酥松发脆, 多有裂隙及层状剥离现象。很多铁器锈蚀严重, 通体矿化, 锈蚀层很厚, 局部呈瘤状物凸起状。容器类器物多数都被厚厚的泥土包裹, 有的器物表面泥土中还夹杂有石子、砖块、小贝壳等杂物; 有些器物表面有些较致密的白色沉积物; 有些器物的锈层表面带有席纹、编织物、漆皮、木材、稻草等埋藏环境信息的痕迹。很多器物都有断裂、开裂、残缺现象, 部分器物已处于极其严重的破碎及断裂状态。很多铁器质地非常脆弱且裂隙遍布。有些铁器残块曾拼对粘接在一起, 但仍有大量裂隙。有些铁器局部断裂后锈蚀在器身上变形。兵器类器物表面沉积物较少, 但很多兵器都带有鞘, 鞘常可见到由木材、纺织品、皮革、漆皮等材质的物质组成, 鞘老化, 疏松脆弱, 且开裂、脱落掉渣现象十分严重。兵器类器物多数断裂成很多段, 而且很多残缺较多。

① 李铭. 济南魏家庄考古获得重大收获. 济南考古. 北京: 科学出版社, 2013 年 1 月.



多数铁器都已出现了明显的点腐蚀。点腐蚀处伴有黄褐色或深褐色水珠状液体渗出，有些器物流淌出很多这样的液体，液体干燥后呈水泡状。锈蚀严重的器物不仅在器物表面，在器身裂隙处，甚至在器身内部（有些断裂的碴口处可见），都遍布这种水珠状物，已呈全面腐蚀矿化的状态，病害非常严重。



图 1.1 表面硬结物、裂隙



图 1.2 破碎严重





图 1.3 断裂

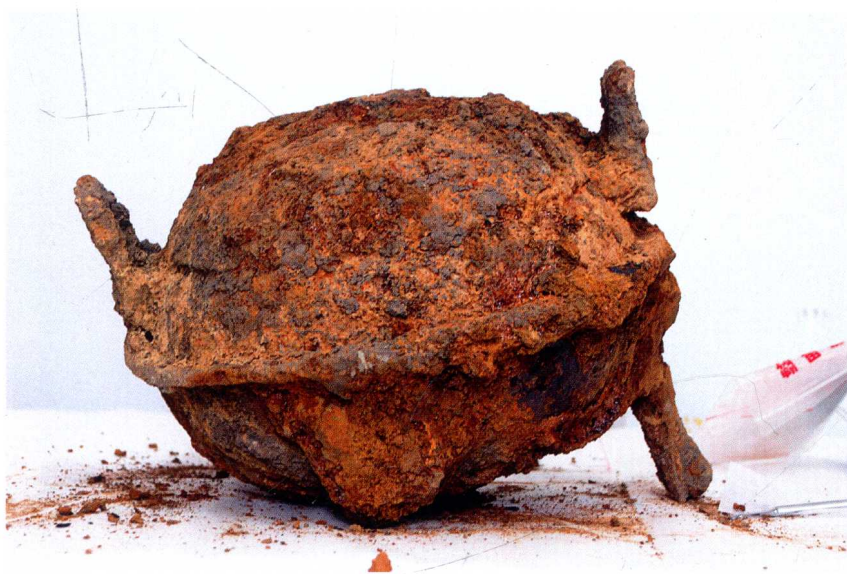


图 1.4 残缺



图 1.5 表面硬结物、裂隙遍布





图 1.6 裂隙遍布



图 1.7 变形



图 1.8 层状剥离





图 1.9 剑鞘脱落



图 1.10 断裂、剑鞘开裂、脱落



图 1.11 点腐蚀、水珠状液体渗出





图 1.12 点腐蚀遍布



图 1.13 缝隙内部水泡状腐蚀物



图 1.14 器身内部水泡状点腐蚀



## 2 样品与测试方法

### 2.1 样品采集

对所有铁器的附着土样或脱落残渣进行硝酸银定性分析，检测其是否含有氯离子。对部分铁器进行了样品采集和编号，进行 X 光衍射分析（XRD）、拉曼光谱分析（LR）、X 荧光能谱分析（XRF）和离子色谱分析（IC），见表 1。另外，对部分铁器进行了 X 射线成像分析。

表 1 山东省济南市考古研究所魏家庄片区出土铁器采样统计表

器物序号	文物名称	文物编号	样品编号	采样位置与颜色	样品形状	分析方法				备注
						XRD	LR	XRF	IC	
4	鏃斗	M4:7	4-1	附着土杂样	粉末				●	
7	铁鼎	M38:1	7-1	脱落黑褐色锈块	块状		●	●		局部有水珠状点腐蚀
8	铁剑	M143:9	8-1	脱落黑褐色锈块	块状		●	●		
9	铁鼎	M49:1	9-1	外壁土	粉末			●		
			9-2	底部黑褐色锈块	块状		●	●		
11	铁鼎	M50:11	11-1	外壁表面砖红色硬结物	粉末					
			11-2	褐色锈	粉末		●	●		
			11-3	内壁剥离黑褐色锈块	块状			●		外壁表面硬结物附着，内壁层状剥离严重，锈蚀分多层，黑褐色黄色相交
			11-4	内壁剥离黑褐色锈块下黄色锈块	块状			●		
19	铁炉	M105:4	19-1	壁内水状瘤状物			●	●		内外壁有多处水珠状点腐蚀
			19-2	炉嘴	粉末			●		
			19-3	杂锈	粉末	●		●	●	
			19-4	内壁黄褐色水泡(珠)状锈	水泡状	●		●		仅采集内壁水珠状点腐蚀锈
			19-5	外壁黄褐色水泡(珠)状锈	水泡状	●		●		仅采集外壁水珠状点腐蚀锈
			19-6	内壁白色沉积物	粉末	●		●		
20	铁鼎	M120:7	20-1	附着土杂样	粉末				●	外壁通体附着土与表面硬结物
			20-2	外壁脱落黑褐色锈块	块状		●	●		
22	铁釜	M124:7	22-1	外壁土	粉末				●	内壁有多处白色附着物
			22-2	外壁黑褐色锈块	块状		●	●		
26	铁鼎	M131:9	26-1	外壁土	粉末				●	外壁通体附着土与表面硬结物，局部附着土下发现红色物质
			26-2	外壁土上红色	粉末		●	●		
			26-3	外壁脱落黑褐色锈块	块状		●	●		
			26-4	附着土杂样	粉末				●	
28	铁剑	M142:6	28-1	剑身白色	粉末			●		

## 2.2 测试条件

DmaX 12kW 粉末衍射仪实验条件: X 射线:  $\text{CuK}\alpha$  (0.15418 nm); 管电压: 40kV; 管电流: 100 mA; 石墨弯晶单色器。扫描方式:  $\theta/2\theta$  扫描; 扫描速度:  $8^\circ (2\theta)/\text{分}$ ; 采数步宽:  $0.02^\circ (2\theta)$ 。环境温度:  $21.0^\circ\text{C}$ ; 湿度: 15.0%。依据方法: 依据 JY/T 009-1996 转靶多晶体 X 射线衍射方法通则; 依据 PDF2 粉末衍射数据库。

Almega 型共焦显微拉曼光谱测试条件: 激发波长 532nm, 10 倍物镜, 激光输出能量 10%, 曝光时间 8 ~ 10 秒, 曝光次数 10。

HORIBA XGT-5000型X射线荧光分析显微镜测试条件: 测试时间30s; 进程模式P4; X光管电流 0.20 mA; 检测孔直径100; X光管电压: 50kV。HORIBA XGT-7000V型X射线荧光分析显微镜测试条件: 最大电压30kV; 电流: 0.014mA; 半真空气氛; 测试光斑半径1.2mm; 采谱时间100s。能谱分析为无标样半定量检测, 数据仅供参考。样品19-3至19-6采用HORIBA XGT-7000V型测试, 其他采用HORIBA XGT-5000型测试。

ICS-2500离子色谱仪测试条件: 阴离子色谱柱: Ionpac AS18-HC; ( $4 \times 250\text{mm}$ ); 淋洗液: 30mmol/LKOH; 进样量:  $25\mu\text{L}$ ; 淋洗源: 淋洗液发生器; 流速: 1.2ml/min; 温度:  $30^\circ\text{C}$ ; 检测器: ASR4-4mm。ICS-2100型离子色谱仪, 配带CR-ATC的EGC III 氢氧化钾淋洗液自动发生罐, 用来测定  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  阴离子, 色谱分离柱为IonpacAS11阴离子分离柱和AG11阴离子保护柱, ASRS300连续自动再生电解微膜抑制器, 流动相为3-35mmol氢氧化钾, 以1.0ml/min流速梯度淋洗; DX-600型离子色谱仪, 配带ED50电导检测器、GP50梯度泵, LC20色谱箱, 用来测定  $\text{Na}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  阳离子, 色谱分离柱为IonpacCS12A阳离子分离柱和CG12A阳离子保护柱, CSRS300连续自动再生电解微膜抑制器, 流动相为20mmol甲磺酸, 以1.0ml/min流速等度淋洗。样品22-1、26-1采用ICS-2500离子色谱仪, 其他样品采用ICS-2100型和DX-600型离子色谱仪测试。

## 3 测试分析结果

### 3.1 硝酸银定性分析

对所有铁器定性检测是否含有有害氯离子。取铁器的附着土样或脱落锈渣、木屑, 用纯净水浸泡, 浸泡液过滤后酸化, 滴加硝酸银溶液, 观察实验现象(图 3.1), 结果见表 2。

硝酸银定性分析结果表明: 除几件铁剑或铁削外, 其他器物样品的浸泡液加入硝酸银后都有白色混浊, 而且很多都出现了大量的白色絮状物沉淀, 器物中检测出含有有害氯离子。

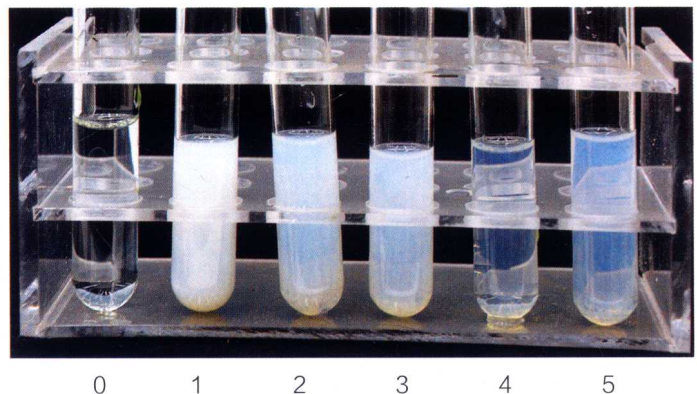


图 3.1 部分样品浸泡液滴加硝酸银溶液的现象(0# 为空白样)



表 2 硝酸银定性分析

序号	文物名称	文物编号	现象	氯离子存在情况
1	铁釜	M83:1	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
2	铁釜	M92:9	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
3	三足炉	H1:2	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
4	鏃斗	M4:7	溶液轻微浑浊	有
5	铁鼎	M34:1	溶液混浊	有
6	铁剑	M35:4	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
7	铁鼎	M38:1	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
8	铁剑	M43:9	溶液混浊	有
9	铁鼎	M49:1	溶液混浊	有
10	铁剑	M50:8	溶液清澈	无
11	铁鼎	M50:11	溶液混浊	有
12	铁鼎	M52:1	溶液混浊	有
13	铁剑	M56:4	溶液清澈	无
14	铁鼎	M65:1	溶液混浊	有
15	铁剑	M65:5	溶液混浊	有
16	铁剑	M83:5	溶液混浊	有
17	铁鼎	M91:8	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
18	铁削	M98:3	溶液轻微浑浊	有
19	铁炉	M105:4	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
20	铁鼎	M120:7	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
21	铁剑	M120:8	溶液混浊	有
22	铁釜	M124:7	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
23	铁鼎	M125:1	溶液混浊	有
24	铁剑	M125:2	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
25	铁剑	M128:13	溶液混浊	有
26	铁鼎	M131:9	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
27	铁剑	M140:9	溶液混浊	有
28	铁剑	M142:6	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
29	铁削	M143:11	溶液混浊	有
30	铁剑	M144:6	溶液轻微浑浊	有
31	铁削	M144:7	溶液清澈	无
32	铁鼎	M154:1	溶液混浊	有
33	铁削	M156:6	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
34	铁釜	M164:6	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
35	铁剑	M165:5	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
36	铁剑	M168:14	溶液浑浊, 有大量白色絮状沉淀物	有
37	铁剑	M35:4	溶液清澈	无
38	铁剑	M126:6	溶液轻微浑浊	有

### 3.2 离子色谱 (IC) 分析

取 22 号器物 (铁釜 M124:7) 和 26 号器物 (铁鼎 M131:9) 外壁附着土 (样品 22-1、样品 26-1) 做离子色谱 (IC) 分析。分析结果表明: 样品的可溶盐中除含有氯离子 ( $\text{Cl}^-$ ) 外还有硫酸根 ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) 和磷酸根 ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) 等离子 (图 3.2、图 3.3)。

再分别取 4 号 (鏃斗 M4:7)、20 号 (铁鼎 M120:7)、26 号 (铁鼎 M131:9) 器物附着土 (样品 4-1、样品 20-4、样品 26-4) 研碎, 过 40 目筛, 取过筛后土样 10 克溶解于 50ml 纯净水内, 超声波超声 3 个小时加速溶解, 过滤后用离子色谱分析浸泡液内阴阳离子含量, 见表 3、表 4。另取 19 号器物 (铁炉 M105:4) 外壁铁锈残渣, 研钵研碎过 40 目筛。取过筛后的铁锈粉末 2.00g, 用 200ml 纯净水浸泡。浸泡过程中不断经加热—冷却循环交替, 经 7 小时后取浸泡液, 做离子色谱 (IC) 分析其阴离子含量。分析结果显示样品可溶盐中主要含有  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ , 且有害氯离子的含量非常高。

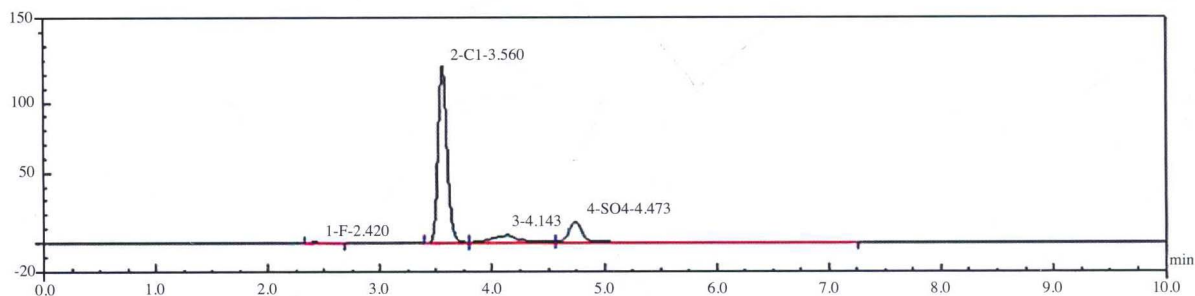


图 3.2 22 号器物 (铁鼎 M124:7) 样品 (22-1) IC 谱图

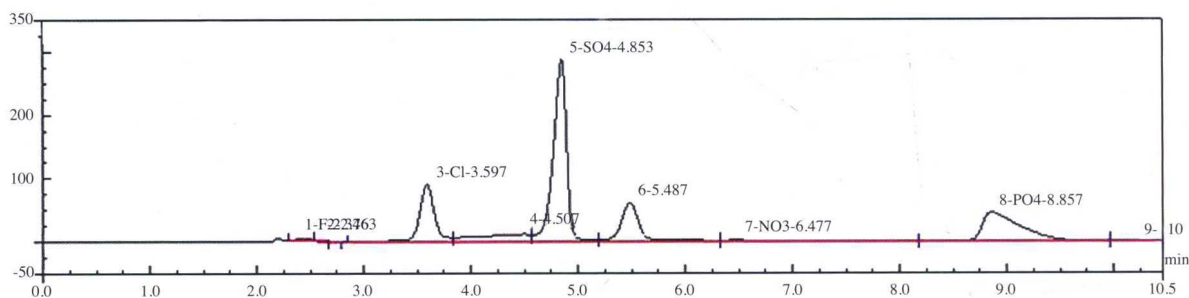


图 3.3 26 号器物 (铁鼎 M131:9) 样品 (26-1) IC 谱图

### 3.3 X 射线荧光能谱 (XRF) 分析

运用 XRF 对采集到的铁器点腐蚀、层状脱落等病害处的腐蚀产物及部分沉积物等样品进行半定量分析。分析结果见表 5, 部分分析谱图见图 3.4 ~ 图 3.8。

XRF 分析数据表明: 锈蚀中主要元素为 Fe、Cl、S、P、Ca、Si; 部分颜色较深的锈蚀中含较多的 P; 点腐蚀水珠 (泡) 状物含大量 Cl; 白色沉积物中含大量 Ca; 铁剑中含极微量的 Cr; 铁鼎 (M131:9) 土上的红色沉积物中含 Hg。



表 3 土壤浸泡液内阴离子含量

器物序号	文物名称	文物编号	样品编号	样品量 (mg/L)		
				Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
4	鏃斗	M4:7	4-1	37.03	11.28	179.43
20	铁鼎	M120:7	20-1	445.66	5.74	69.06
26	铁鼎	M131:9	26-4	291.38	4.92	34.81
19	铁炉	M105:4	19-3	92.61	1.09	4.44

表 4 土壤浸泡液内阳离子含量

序号	文物名称	文物编号	样品编号	样品量 (mg/L)			
				Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
4	鏃斗	M4:7	4-1	19.34	7.92	8.85	101.19
20	铁鼎	M120:7	20-1	9.10	21.27	10.62	230.11
26	铁鼎	M131:9	26-4	14.21	5.71	13.74	155.48

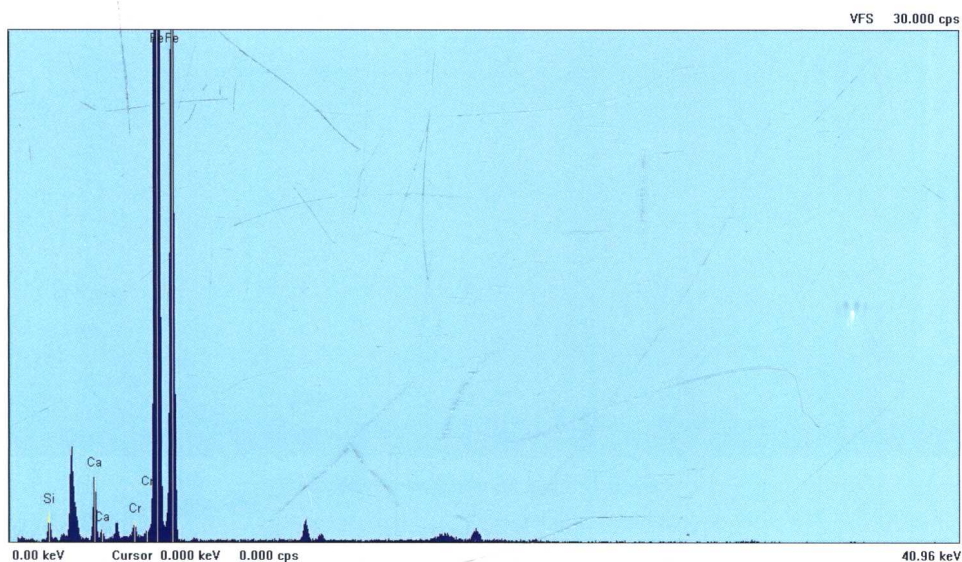


图 3.4 样品 8-1 的 XRF 分析谱图

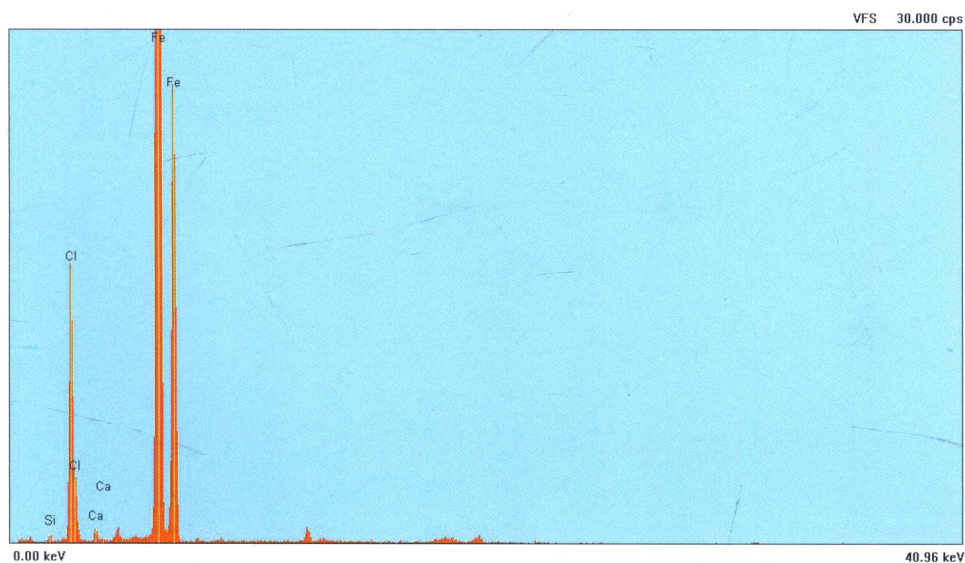


图 3.5 样品 19-1 的 XRF 分析谱图