

北滦平博物馆 金属文物修复报告

何海平、沈军山、张艳萍 著



河北滦平博物馆 金属文物修复报告

何海平 沈军山 张艳萍 著



文物出版社

责任编辑：李 睿
责任印制：陆 联

图书在版编目（CIP）数据

河北滦平博物馆金属文物修复报告 / 何海平, 沈军山, 张艳萍著.
—北京: 文物出版社, 2014. 3
ISBN 978 - 7 - 5010 - 3981 - 4

I. ①河… II. ①何… ②沈… ③张… III. ①金属—文物—器物
修复—研究报告—河北省 IV. ①G264. 3
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 049470 号

河北滦平博物馆金属文物修复报告

何海平 沈军山 张艳萍 著

*

文物出版社出版发行
(北京市东城区东直门内北小街 2 号楼)

[http: //www. wenwu. com](http://www.wenwu.com)

E-mail: [web@wenwu. com](mailto:web@wenwu.com)

北京鹏润伟业印刷有限公司印刷

新华书店经销

889 × 1194 1/16 印张: 17. 5

2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5010 - 3981 - 4 定价: 300. 00 元

《河北滦平博物馆金属文物修复报告》编辑委员会

主 任：刘树林

副主任：赵俊海

主 编：何海平 沈军山 张艳萍

副主编：倪 炎 李树彬 黄学文

编 委：何海平 沈军山 张艳萍 倪 炎 李树彬 黄学文

王月华 单迎红 计艳波 靳文吉 康 涛 李 瑾

王坤雷 李 想 胡媛媛 赵立辉 马晓龙

序

《滦平博物馆金属文物保护修复工作总结报告》

周宝中

《滦平博物馆金属文物保护修复》是国家文物局批准立项的可移动文物保护修复项目，由滦平博物馆和首都博物馆合作承担，本总结报告的出版，标志该项目的圆满完成，在此特向该项目组织者和实施者致贺。

20 世纪 80 年代以来，我国文物保护科学技术事业实现跨越式发展，国家实力的不断增强，为保护文化遗产提供了多方面有力保障，为文物修复科技人员发挥聪明才智和专业技能创造了有利条件。

2002 年颁布的《中华人民共和国文物保护法》，以法律的形式确立了“保护为主、抢救第一、合理利用、加强管理”的文物工作方针，对我国文物的保护、利用和管理做出更加明确具体的规范，为我国文物保护科技事业的发展奠定了坚实的法律基础，明确发展文物保护科学技术是繁荣文物博物馆事业的必由之路。

为确保 16 字方针的贯彻落实，对已损文物及时进行抢救性修复技术处理，是文物修复科技人员的职责。加强预防性保护和强调对文物的任何利用都必须以对文物无损为前提，可使修复后的文物减免再遭损毁，也是对文物修复科技人员辛勤劳动成果的尊重。

在对可移动文物保护修复方面，加强对基层博物馆的支持力度是极为重要的，据不完全统计，国有文物收藏单位的一级藏品，约有 20% 收藏于县市级博物馆和文物保管所。而这些单位在文物收藏环境、保护技术人才、财政资金投入等方面，均显不足，面对文物的毁损，束手无策。国家文物局对滦平博物馆金属文物保护修复项目的支持，首都博物馆对滦平博物馆的协助，通过项目的实施，使滦平博物馆的金属文物得到有效保护，并建立文物保护修复实验室，培养出文物保护修复技术人员，是值得称赞和推广的范例。

在实现文物保护技术的标准化、规范化方面，已取得显著进展。国家文物局于 2008 年以来，发布了一系列《中华人民共和国文物保护行业标准》，包括：《馆藏青铜器病害与图示》（WW/T0004 - 2007），《馆藏铁质文物病害与图示》（WW/T0005 - 2007），《馆藏金属文物保护修复方案编写规范》（WW/T0009 - 2007），《馆藏金属文物保护修复档案记录规范》（WW/T0010 - 2008）等。该项目是实践上述规范的实例。

滦平博物馆金属文物修复项目的实施过程，体现了传统工艺与现代科技结合和融合，进一步阐明文物保护的理念和基本原则。

传统文物修复工艺源远流长卓有成就，为保护中华古代文明立下不可磨灭的历史功绩。若无有效的文物修复工艺，历史文化遗产难以保存至今，文物修复工艺是保护物质文化遗产的非物质文化遗产。

人类从制作使用器物和艺术品时,就因发生损毁而随之出现对其修整复原的工艺,这已被出土文物的修复痕迹所证实,虽简单粗糙,但它是原始的修复工艺。传统文物修复工艺在古籍文献中记载甚微,民间技艺皆以师徒言传身教世代传授相维系。

20 世纪 50 年代初期,分散在南北各地为数不多的传统文物修复技师,相继进入博物馆工作,他们是青铜器、陶瓷器、书画、古籍、家俱、漆器等类文物的修复专家,承担起抢救修复珍贵文物的历史重任。这一代修复技师既继承师辈久经锤炼的高超手艺,又身怀本人刻苦钻研发明创新的独特绝技,是中国优秀传统文物修复工艺的继承者,也是文物保护科技事业的开拓者。中国国家博物馆的前身是建立于 1912 年的国立北京历史博物馆,在 1952 年即设立文物修整室,配备专职文物修复技术人员,从事出土文物与馆藏文物的修复工作,以传统修复工艺为主,这是中国博物馆早期建立的文物保护技术机构。

我国相当数量的中青年文物修复技术人员,即出师于老一辈修复专家,他们不仅遵从师辈教诲,忠实地继承传统工艺,又在修复技术实践中,不断改进提高,目前,在我国各地已涌现一批获高级专业职务的文物修复技术骨干,他们是继承弘扬传统文物修复工艺的中坚力量,也是传统修复工艺与现代科技相结合的新一代文物修复师。在当代,文物修复工艺的继承形式是,为徒者可向多位师傅学艺,学习各种流派,取其特长,综合发展。仅靠单一的师徒传授形式,已不能适应时代步伐。

将自然科学的理论和研究方法,引进文物修复领域,始于 19 世纪 80 年代。1880 年首先在德国柏林博物馆创建保存科学实验室,以后欧美各国博物馆,也相继建实验室。它与传统修复工艺的主要区别,是以对文物材质的分析检测为文物修复和预防性保护的基础,将文物材料的成分、结构及劣化机理研究与文物修复工艺紧密结合,并逐步引进新工艺、新材料。20 世纪 60 年代,我国仅有少数博物馆初步建立起以传统修复工艺与现代科学技术相结合的文物保护实验室,而在全中国获得蓬勃发展是在 80 年代以后。

在科学技术高速发展的 21 世纪,要继承弘扬传统的文物修复工艺,更应加强文物修复理念的探讨,明确传统文物修复工艺在文物保护科学技术中的重要地位和作用,牢固地建立继承弘扬传统的文物修复工艺信心。在较长时期有一种习惯的概念,将传统文物修复工艺,称为修复,而将用现代科学技术对以损文物进行技术处理,运用化学和物理的方法消除病患,控制劣化变质,维护文物原状的工作,称为保护或科技保护。其实,不论其采用的是新技术,还是传统工艺,凡对已损文物进行技术处理者,都是文物修复工艺。

从时间的角度,过去的就是历史。传统修复工艺是随时光岁月逐渐发展成熟的,每个时期都会将当时的材料和技术用于文物修复。目前文物修复中所使用的仪器、设备、工具、试剂、材料和工艺,已是各取所长、相互渗透、融为一体。传统修复工艺与现代科技结合的实质是传统修复工艺的发展。

要历史地、科学地对待传统修复工艺,在系统地发掘、整理、继承传统修复工艺的同时,需深入开展用现代科技手段对古代工艺进行剖析的科学研究,揭示其科学原理,奠定传统修复工艺的理论基础,增强弘扬传统修复工艺的信念。当然也会发现传统修复工艺所采用的方法或使用的材料有不当之处,对此要客观分析,取其精华。继承发扬传统文物修复工艺,是尊重历史、珍视历史的文明行为。

在文物修复领域应用现代科技的观念,不应理解成均可将现代科技手段,直接作用于文物上,否则会给文物造成难已挽回的损失。在移植应用新技术时,要因物制宜的研究试验不同质

地、不同损坏程度的文物修复方法，绝非照搬新技术、新工艺、新材料，而要结合文物的特性，通过试验研究，取得可行性成果后方可用于文物，不可为“创新”将成熟可靠的传统文物修复工艺放弃。传统文物修复工艺，承担着抢救保护文化遗产的重任，大量实践证明，它是行之有效的优秀工艺。高科技再发达，修复文物也离不开修复师的手工操作，这是不容置疑的。

随着材料科学的开拓，为文物修复提供了广泛的材料源。曾使用的有新材料，往往因其优点而被采用，也因发现其缺陷和不利之处，而不能推广或被淘汰。要慎重使用新材料，避免出现短暂的加固，而导致对文物的永久性毁损。

不改变原状是东西方共同主张的文物修复基本准则，没有差异。但在此前提下，还有若干在修复文物的实践中要具体执行的细则，如消除隐患原则、保存历史信息遗存原则、可逆性原则、最小干预原则、可辨识原则等，则有待探讨和规范。由于对文物原状的理解不同和各细则之间的差异，文物经修复后，往往有不同反响，尤其对外观的改变和新材料的应用。

中国传统修复工艺的精湛技术之一是作旧，即对文物外观的修饰处理，能使修整补配部位浑然一体、破损文物起死回生，再现辉煌。传统修复工艺强调保持文物的艺术效果，这个修复理念至今仍主导着金属文物修复的技术实践。1964年《威尼斯宪章》提出修复文物的可辨识原则，要求对文物修复中任何修整、补配、更换的部位，均要与文物基体有明显的区别。在可辨识性方面看来东西方是有差异的，实质上，历经修复的文物均可辨识，只是辨识者或辨识手段不同而已，在无损探伤面前，任何修复部位皆显露无遗，经作旧修复处理的文物仍符合可辨识原则。

遵嘱撰此小序，深表笔者对勤奋工作在保护抢救人类文文化遗产岗位上的文物修复师的敬意。

2014年1月北京

前 言

滦平县位于河北省北部、燕山山脉中麓的浅山区。山清水秀、四季分明、气候宜人，是一片古老而又神奇的土地。滦平县位于承德市西南部，是河北省环京津的 35 个市县之一，处于京、津、辽、蒙的省市“金三角”交汇点，素有首都北京北大门之称，是沟通京津辽蒙的交通要冲。西南距北京 165 公里，至首都机场 120 公里，距天津港 131 公里。东距历史文化名城承德市 65 公里。全县总面积 2993 平方公里，人口 31.4 万，下辖 7 个镇、4 个乡、9 个民族乡：滦平镇、长山峪镇、红旗镇、金沟屯镇、虎什哈镇、巴克什营镇、张百湾镇，平坊满族乡、安纯沟门满族乡、付营子乡、小营满族乡、西沟满族乡、邓厂满族乡、五道营子满族乡、马营子满族乡、付家店满族乡、火斗山乡、两间房乡、涝洼乡、大屯满族乡。其中以满族为主的少数民族人口 19.4 万人，占全县总人口的 61.8%，是河北省政府确定的民族县。县内京承旅游公路、京沈 101 国道横穿东西，京通铁路纵贯南北，途经全县 16 个乡镇，有客货站点 14 个，形成了公路、铁路纵横交错、四通八达的交通网络。

滦平县地处山区，物产资源丰富。境内有滦河、潮河等 4 条主要河流，是京津两市的主要饮用水源。现已探明各种矿藏 30 种，主要有金、银、铁、蛭石、沸石、石英、滑石、钾长石、花岗岩、大理石、矿泉水等。其中花岗岩储量 10 亿立方米，天然优质矿泉水水温 34℃，日流量 864 吨。滦平县气候温和，四季分明，昼夜温差大，全年平均气温 7.6℃，是玉米、水稻、大豆、高粱、谷子等农作物主要产区，以生产优质玉米著称，是玉米出口基地县之一。盛产苹果、红果、板栗、酸梨等干鲜果品，出产杏仁、蘑菇、山枣、黄芩、柴胡、串山龙、山野菜等 500 多种具有高营养、药用价值的野生植物。

滦平县北靠内蒙古草原、南临华北平原，是中原文化与北方少数民族文化交融地带，又是中原通往北方草原及辽西地区的交通要道，历史悠久，文化蕴藏丰厚。经文物部门考古调查与发掘，现已发现几处三至二十万年前旧石器时期人类活动的遗址；新石器偏早期滦平与发达地区同步发展；夏商以后，这里是北方少数民族交替聚集发展壮大的摇篮，又是华夏族与北方少数民族政治、经济、文化交流的纽带和桥梁。先后有肃慎、山戎、东胡、匈奴、乌桓、鲜卑、库莫奚、契丹、渤海、女真、蒙古、满、汉等在这里开发建设、繁衍生息。西汉设白檀县。金设宜兴县。明设宜兴守御千户所。乾隆七年（1742 年）设喀喇河屯厅，乾隆四十三年（1778 年）改喀喇河屯厅为滦平县。相传因喀喇河屯濒临滦河，取“滦河无患，人民得平安”之意。悠悠岁月，上下几万年，滦平的先人在这块热土上创造了非凡的历史，留下了丰富多彩、极具地方特色的民族文化遗产，它既是滦平历史的记忆，也是中华民族文化不可或缺的一部分。

人类活动为滦平县带来了丰富的物质文化遗产，具体表现为各时期的文物，如早期石器、青铜器、铁器、金银器、陶瓷器等为我们观察、研究并感受先辈的生产生活提供了实物依据，是历

史的见证，具有重要的历史、文化和艺术价值，因此这些文物的保护就显得非常重要。滦平县的大部分文物都收藏于滦平博物馆中，文物保护工作在滦平博物馆的工作中占有重要地位。

一直以来，滦平博物馆对文物保护工作非常重视。于 2007 年申报了国家文物局馆藏金属文物的修复项目，计划修复文物 286 件，申请经费 50 万元。国家文物局非常支持滦平博物馆的工作，当年就批准了该修复项目。由于自身的修复技术力量有限，滦平博物馆准备找一个有资质的单位进行修复工作。由于当时滦平博物馆在展览方面与首都博物馆有良好合作关系，认为首都博物馆是一个大馆，办事认真负责，特别希望能继续合作下去。在得知首都博物馆有一流的修复设备和人才后，滦平博物馆与首都博物馆文物保护修复中心协商共同完成国家文物局的金属文物修复项目。最后双方协商达成共识：首都博物馆派技术人员赴滦平博物馆进行修复工作，在修复工作进行的同时，为滦平博物馆建立文物修复室，并培养修复人才，使滦平博物馆以后具有一定的修复能力。经过一年多的工作，当初的目标基本达到，共完成金属文物修复 286 件，并建立了一个文物修复实验室，可以进行日常的文物保护修复工作，应该说取得了较好的成绩。

目 录

序	1
前 言	5
第一章 金属文物保护修复方法与步骤	1
第二章 滦平博物馆铁质文物保护修复	10
一 铁质文物除锈清洗方法	10
二 铁质文物缓蚀封护方法	10
三 首都博物馆铁质文物脱盐清洗及封护研究	12
四 滦平博物馆铁质文物修复方案	15
五 滦平博物馆铁质文物修复典型示例	19
第三章 青铜文物保护修复	25
一 青铜文物整修复原	25
二 青铜文物清洗除锈	26
三 青铜文物缓蚀防护	26
四 滦平博物馆青铜文物修复方案	27
五 滦平博物馆青铜文物修复典型示例	30
第四章 文物保护修复档案	45
一 文物修复档案简介	45
二 文物保护修复档案的内容	46
三 文物保护修复档案编号	46
四 滦平博物馆文物修复档案	49
第五章 金属文物修复设备、工具及材料	258
一 修复室设备	258
二 保护修复工具	258
三 保护修复材料	261
第六章 结语	265

第一章 金属文物保护修复方法与步骤

文物保护修复技术发展到今天，经过前辈们的实践和理论研究，各类文物的保护修复都有一定的步骤和方法。金属文物的修复作为最早的金石学的内容之一，有很多的修复方法。虽然每件文物的修复差别较大，但都遵循一个基本步骤。一般来说，文物修复分为文物的接收、记录现状，文物性能的检测工作，文物修复方案的制定，文物保护修复过程，填写修复档案并验收等步骤。其中文物保护修复过程又分为脱盐清洗、干燥、加固、整形补缺、封护、做旧随色等过程。下面就以滦平出土的三足盘为例来说明文物保护修复过程。

（一）文物的接收、记录

修复和保护文物是为了更好地保存及提高文物的价值，所以保证文物的安全是必不可少的基础工作。而接收文物正是安全保证工作的第一环。

文物接收工作对于保护修复人员来说也是了解文物的第一步，所以实际参与修复保护的工作人员必须参与接收工作。这个过程需要做的工作有如下几项：

1. 初步了解文物的完残情况，并将完残情况记录在文物交接单上，最好附上数字和图片。文物完残情况一方面是对文物的了解，另一方面也涉及文物的搬运工作，因为文物是需要保护的，根据完残情况制定运输、搬运工作方案非常必要。

2. 了解文物保护修复的目的。此项工作主要是与文物所有单位人员进行交流，问问是想将文物修复用于展览陈列还是单纯保护文物不受损害，根据他们的要求制定相应的修复方案。

3. 根据修复目的讨论文物修复的程度。

文物修复工作是一项技术性工作，要按照文物修复原则进行修复。而文物修复原则中有一个最小干预原则，这个原则要求文物修复工作尽量少对文物本身进行处理，因此一般根据文物修复目的来决定文物修复程度。如果展览修复，则需要保证文物的可观赏性，可能修复程度要深一些；如果只是保护文物不再损害，可能在环境方面进行改善更加妥当一些。

4. 把上述信息记录在案，为以后的文物修复工作做准备。

文物接收后，在实施各种保护修复措施之前需要对文物状况进行详细的记录。记录内容通常包括：重量、各特征部位的尺寸，如：长、宽、高等、文物的完残情况、残损部位、其他有可能对今后文物的保护修复有影响的内容。除了文字记录，还需要拍照记录，拍照时需要对文物的全貌及局部病变处都进行拍照，照片记录要尽量全面，因为在之后的修复保护过程中很有可能需要查看原始的拍照记录。根据国家文物局文物修复方案制定规范要求，必须对文物病害进行画图记录，建立一套文物病害档案。

文物记录过程本身也是修复保护工作人员对文物的进一步认识了解的过程，需要仔细认真，

对文物情况了解越多越有助于今后修复保护工作的开展。

（二）文物检测

在文物修复前，一定要对文物的病害进行检测。检测方法有肉眼观察法、经验判定法和仪器分析法。就金属文物来说，主要有以下几种检测方法：

金属探针探测法：用探针刺入锈蚀，探测锈蚀厚度。一般采用尖细的探针，轻轻探入锈蚀内部，以观察锈蚀深度。

磁铁检测法：将磁铁放在器物表面滑动，根据吸引力的大小判断锈蚀的分布情况及铁心是否完整连续。

X 射线照射法：X 射线是一种波长范围在 $0.01 \sim 10\text{nm}$ 的电磁波。沿直线传播，经过电场或磁场时不发生偏转，它具有很强的穿透能力，通过物质时可使其强度衰减。X 射线通过物体后，X 射线的吸收差别在 X 光胶片上呈现出明暗差别，可以判断出器物信息。由于许多金属文物的锈蚀都比较厚，采用这种方法可以清楚显示青铜器、铁器的内部结构、锈蚀的分布和厚度、有无锈蚀孔洞、有无镶嵌物等。

X 射线荧光光谱法：当照射原子核的 X 射线能量与原子核的内层电子的能量在同一数量级时，核的内层电子共振吸收射线的辐射能量后发生跃迁，而在内层电子轨道上留下一个空穴，处于高能态的外层电子跳回低能态的空穴，将过剩的能量以 X 射线的形式放出，所产生的 X 射线即为代表各元素特征的 X 射线荧光谱线。其能量等于原子内壳层电子的能级差，即原子特定的电子层间跃迁能量。只要测出一系列 X 射线荧光谱线的波长，即能确定元素的种类；测得谱线强度并与标准样品比较，即可确定该元素的含量。由此建立了 X 射线荧光光谱（XRF）分析法。采用 X 射线荧光光谱法，可以检测金属文物的成分，了解金属文物由什么合金元素组成。也能检测腐蚀产物的成分。

激光拉曼光谱法：其原理是入射激光会引起分子（或晶格）产生振动而损失（或获得）部分能量，致使散射光频率发生变化，对散射光谱的分析，即拉曼光谱分析，可以探知分子的组分、结构及相对含量等，因此被广泛称为分子探针技术。该仪器是在 1960 后产生的，他的光源采用激光，这样增加了拉曼信号的强度，增强了信号的强度，使拉曼光谱扩大了适用范围。目前拉曼光谱已成为现代材料结构分析的基本技术手段。采用激光拉曼光谱，可以分析锈层的成分和结构。

X 射线衍射仪：X 射线衍射仪是利用衍射原理，精确测定物质的晶体结构，织构及应力，精确地进行物相分析、定性分析、定量分析。X 射线衍射仪主要用于检测金属文物的组织、结构等信息，也能检测腐蚀产物的结构。

扫描电子显微镜技术：扫描电子显微镜的制造是依据电子与物质的相互作用。当一束高能的人射电子轰击物质表面时，被激发的区域将产生二次电子、俄歇电子、特征 x 射线和连续谱 X 射线、背散射电子、透射电子，以及在可见、紫外、红外光区域产生的电磁辐射。同时，也可产生电子—空穴对、晶格振动（声子）、电子振荡（等离子体）。原则上讲，利用电子和物质的相互作用，可以获取被测样品本身的各种物理、化学性质的信息，如形貌、组成、晶体结构、电子结构和内部电场或磁场等等。扫描电子显微镜技术可用于观察文物表面的状况和分析基体和锈层组成情况。

另外，还可以通过检测密度、放大镜观察等方法判断锈蚀的种类及程度。

（三）制定修复方案

金属文物保护修复方案主要包括三方面的内容：一是基本信息采集、现状调查与价值评估；二是保护处理技术选择和技术步骤，重点是方法和材料选择；三是保护处理后文物存放环境条件要求和日常维护。

金属文物保护修复方案编制应按照《馆藏金属文物保护修复方案编写规范》（WW/T0009 - 2007）执行，应包括如下内容：基本信息与价值评估、保存现状调查与评估、保护修复工作目标、保护修复技术路线、保护修复技术步骤、风险评估、图示、保护修复工作量与工作进度安排、文物保护修复后的保存环境、环境安全控制、经费预算、方案编制基本信息、各方签章等。

文物的基本信息首先是器物所在的收藏单位，明确文物的所有权。如果同一批拟保护修复文物为多个单位所收藏，则应列出所有单位及各单位所藏器物的经历。出土文物的基本信息包括文物的出土时间、地点、经过、文物质地和制作年代，传世文物的基本信息要说明器物收藏时间与流传经历。文物的价值评估首先是阐释文物的历史、艺术、科学价值与重要性；然后根据地方特点（地区、民族、社会、宗教）阐述对地方文化事业的作用。

每件文物都有其独特性和唯一性，没有两件文物是完全相同的。所以必须根据文物本身的状况“量体裁衣”，为它制定特定的合适的修复保护方案。制定方案的依据就是之前对文物的仔细观察和分析检测数据，有时还得作一些预实验并根据实验结果来决定保护方法。制定方案时还要考虑的一个因素是，本次文物修复保护的目的是什么。因为文物保护修复目的决定了应该怎么修复，如果是考古修复，则主要体现出文物的形，只要进行粘接和补缺就可以；如果是展览修复，则应该体现出文物的精神，颜色和花纹都需要进行修复，所以要复杂些。

（四）保护修复

每件文物所需的修复步骤并不完全一样，但总体都遵循一个程序，主要是：清洗、除锈、脱盐、干燥、加固、整形补配、缓蚀、封护、做旧等。清洗是指使用物理或化学方法去除文物上妨碍展示、研究或保存的附着物，如土垢、结晶体、有机无机污染物及之前保护与修复残留附着物；除锈就是将文物表面的疏松锈层清理掉，保持文物表面干净整洁；脱盐就是将金属文物表面和内部的盐分从文物本体迁移出去；干燥就是将文物表面及内部所含的水分去除；加固就是将酥松的基体固结在一起，使之不再分离；补缺就是将文物的缺损部分进行补配，恢复文物原状；缓蚀处理就是采用化学药品在金属文物表面形成一层缓蚀层，延缓文物的腐蚀；封护就是在文物表面涂刷上一层薄膜，组织腐蚀性环境侵蚀文物；做旧就是将文物修补过的表面通过物理或化学方法处理成与未修补过的表面保持一致，使整件文物颜色和风格协调。

1. 清洗

对于一些妨碍展示、研究或保存的表面附着物，一般情况下应清洗去除。需要特别注意的是，清洗是一个不可逆过程，在对一些附着物清洗前，需要了解其是否具有考古或保护研究的价值。如果有价值的残留物，在考虑清洗方法时应该考虑不能伤害到这些残留物。如青铜剑、铁剑的剑鞘残留物、器物包裹的材料等，应该完整保留；对于一些可以反映埋藏环境和腐蚀化学过程的附着物，也应保留。如果必须清洗，应该将分离的附着物放入有标签的小玻璃瓶中，与文物保护修复档案一起保存，以便后人继续开展研究和保护工作。

2. 除锈

对金属文物锈层的清理也需要进行研究，一般来说，酥松锈层一定要去除，但致密的锈层应

该保留,不能将所有锈层都清理掉。金属文物除锈一般都采用机械的方法,用手术刀或者牙签等工具进行耐心细致的操作。一般来说,清洗和除锈操作可以作为一个步骤完成,因为清洗和除锈过程很难完全分开,清洗时浮锈层会随污物一起剥落,除锈时也会将污垢与锈蚀物去除。

在对金属文物进行清洗和除锈之前,了解文物的现状与保存历史是非常重要的。在清洗除锈方案制订之前,一定要查阅文物保存处理档案和利用仪器进行分析,了解文物所经历的人工干预方式和过程、表面附着物性质和文物整体结构状态等信息,为制定合理的方案提供依据。如果金属文物结构强度较大,矿化程度较轻,也可以整体浸泡或者超声波加速浸泡清洗;结构疏松或者已经丧失了大部分性能的金属文物,则不适合整体清洗,如必须清洗,应在充分加固后采取温和的方式进行。

清洗除锈作为金属文物保护修复的第一步,在金属文物保护过程中显得非常重要,因此这方面的研究也比较深入,导致文物清洗除锈的方法也非常多。主要有以下几种:

(1) 机械法

机械法是指利用物理接触摩擦原理,使文物表面疏松锈层和污垢脱离文物本体,采用手工或电动工具等,清除金属文物表面的附着物及疏松锈蚀物。机械法除锈的优点是比较方便、灵活,需要的设备少,对文物本体没有任何干扰,不会存在修复保护工作隐患。但使用机械清除一定要严格控制力度,避免摩擦过大伤及文物本体。对于表面有金、银饰等信息的较为珍贵的金属文物,应由有经验的人员在放大灯或显微镜下操作。

(2) 超声波法

超声波清洗是利用超声波在液体中的空化作用,将污垢和浮锈从文物本体剥离,从而达到清洗除锈目的。在超声波作用下,液体分子时而形成拉力,时而形成压力,最后变成一个个微小的空腔(激发成细小气泡,直径50到500微米,并被清洗液蒸汽充满),即所谓的“空化泡”。由于空化泡的内外压力相差悬殊,待空化泡破裂时,会产生局部液体冲击波(压力可达到几百个大气压)。在此压力作用下,黏附在金属表面的各类污垢会被剥离。与此同时,在超声场作用下,清洗液的脉动和搅拌加剧,溶解和乳化加速,从而加速了清洗进程。

使用超声波清洗金属文物时,应注意文物本体的结构和抗震性能是否稳定,矿化严重和结构疏松的文物不适合进行超声波清洗。进行水溶液超声波清洗时,可使用氢氧化钠等碱性物质将PH值调至碱性,减缓金属文物的腐蚀。质地较好的小件金属文物,较适宜采用超声波清洗法。

(3) 蒸汽清洗

蒸汽清洗也称为“过饱和蒸汽清洗”。基本原理是水在完全密封的蒸汽机加热炉缸中被加热成蒸汽,在加热过程中,缸内压力会相应渐渐提高,喷射出的饱和蒸汽温度可高达180℃,压力可达9BAR。利用饱和蒸汽高温及外加高压,可依靠汽化蒸发作用清洗金属文物表面的油渍污物。在高温高压作用下的饱和蒸汽,能在被清洗表面有效作用半径内自动捕捉和溶解微小的油渍物颗粒,并将其汽化蒸发。同时,过饱和蒸汽可以有效切入任何细小的孔洞和裂缝,剥离并且去除其中的污渍和残留物。过饱和蒸汽清洗具有操作简便与绿色环保的特点。使用时应注意蒸汽清洗机的出口压力,喷头与被清洗文物必须保持合适的距离,可采取先远后近的方式进行清洗。

(4) 喷砂法

喷砂法是通过喷砂机将一定尺寸的砂粒喷射到生锈的金属文物表面,通过砂粒与锈蚀层的碰撞摩擦等物理作用,将锈层剥离。主要设备有干式喷砂机、湿式喷砂机等,分为开放式和密闭式两种。开放式喷砂机虽然机械程度高,除锈质量好,但使用的磨料一般不能回收,对环境造成的污染比较严重。密闭式(箱式)喷砂机和循环回收式喷砂机除了具有开放式喷砂机的优点外,还

具有磨料自动完成回收分选功能,使用成本低,喷砂时无粉尘、利于环保、清洁耗气量少、气压可以任意调节等特点。喷砂效果主要由喷砂介质(磨料)决定,磨料分为效果强烈的金属磨料和效果柔和的树脂磨料。

在金属文物除锈中,磨料和设备的选择非常重要,需要根据金属文物的材质和具体的腐蚀程度来决定。目前使用在金属文物除锈上的磨料主要有石英砂、刚玉砂、塑料砂、玻璃珠、核桃皮粉末等,颗粒有粗、中、细之分。设备主要有密闭式(箱式)喷砂机、小型喷砂机、用于精确操作的专业喷砂机,喷砂压力范围在4~6MPa,喷嘴尺寸可在4~10mm内变更。操作者可根据器物的大小及锈蚀状况,选择不同的喷砂设备、磨料种类与颗粒度,调换不同的喷砂压力与不同尺寸的喷嘴,控制喷砂气流,达到较好的除锈效果。

(5) 激光清洗法

目前工业生产中主要采用干式和蒸气式(湿式)激光清洗方法。干式清洗是将激光直接照射在被清洗物体表面,使污染物吸收激光能量后迅速升温,进而产生一系列物理效应,最终使污染物与文物本体脱离,同时不会对文物本体产生伤害。蒸气式激光清洗是在被清洗物的表面上喷洒或涂敷一层薄薄的液体,在激光照射下产生蒸气,使得污染微粒在蒸气的作用下脱离文物本体,达到清洗的目的。激光清洗因其自身的优点而在许多领域中逐步取代传统的清洗工艺。例如激光清洗具有无研磨和非接触性,可消除机械作用力对清洗文物的伤害;激光清洗具有选择性,根据器物的锈蚀程度来控制清洗强度,同时不损伤文物本体,有利于环境保护。早在20年前,英国就用红宝石脉冲激光成功清洗了大理石雕刻上的风化壳层。激光清洗技术已经应用于石质文物、金属文物、油画、陶瓷、象牙文物、纺织品、木质彩绘清洗等方面。其中在石质文物上应用最为先进和成熟。20世纪80年代起,国外科学家还尝试使用激光清洗法去除铁质文物上的有害锈层,如2001年报道过的Y. Koh使用脉冲CO₂和Nd激光器处理出土铁器。

目前激光清洗技术在文物清洗中常用蒸气式激光清洗,以及用激光使污物松散后,再用非腐蚀性的化学方法去污这两种方法。利用激光进行清洗时,激光器的选择极为重要,目前激光器的种类比较多,如CO₂激光器、Nd:YAG激光器和准分子激光器等。在文物清洗中,常用Nd:YAG激光器,以中等脉冲宽度(50~110μs)工作。

(6) 化学法

化学试剂法是指采用溶剂或乳液等与金属文物锈蚀层发生化学反应来溶解金属表面的锈蚀层,从而达到清洗除锈的目的。此方法一般需要对表面进行多次处理,清洗周期长,在金属文物保护处理中是普遍采用的方法。目前用于金属文物清洗除锈的化学试剂很多,主要包括柠檬酸、草酸、磷酸、EDTA二钠盐等。在实际操作中,应根据器物的材质、腐蚀程度、表面硬结物及原埋藏环境的不同,选用不同的化学除锈剂。使用化学除锈剂除锈后,均需用蒸馏水反复清洗,以防止药物残留在器物上,如果还有锈蚀,可采用小型机械或电动工具,除去金属文物上的锈蚀。

①煤油。可去除金属文物表面上附着的油渍和污物,并可软化锈层。但有一个缺点,煤油渗入后较难置换出来,会加深金属文物的表面颜色。

②柠檬酸。可溶解金属的锈垢。柠檬酸作为一种弱酸,对金属的腐蚀性不强,但对锈层有较好的溶解能力,可以在清除锈层的同时不会对文物本体造成危害。

③草酸。草酸对锈层具有很好的溶解能力,主要用于清除金属的氧化物。草酸对铁、铜等金属氧化物的溶解作用除了与其酸性有一定的关系外,更重要的是其螯合作用。但由于大多数草酸盐是不溶于水的,因此不能用硬水来配制草酸清洗液,应使用纯净水。草酸清洗液的常用浓度为

5% ~ 10% (质量比), 有毒, 其酸性对皮肤和黏膜有刺激和腐蚀作用, 使用时一定要注意安全。

④正磷酸。具有较强的络合能力, 与金属的氧化物生成可溶性的络合物。其酸性较弱, 对金属文物本体的腐蚀作用较小。常用浓度为 10%, 无毒性, 但有一定的刺激性。

⑤EDTA 二钠盐。具有较强的络合能力, 与铁、铜等金属的氢氧化物生成可溶性的络合物。EDTA 二钠盐对金属基体具有一定的侵蚀作用, 常用浓度为 2% ~ 5% (质量比)。常使用氢氧化钠将其 PH 值调至 8 ~ 10, 无毒性, 但有一定的刺激性。

将脱脂棉涂敷锈蚀处, 并将配制好的清洗除锈液滴于脱脂棉上, 使其完全浸润。将锈蚀软化后, 去掉脱脂棉, 配合使用手术刀、牙钩或小型电动工具除去锈蚀物, 最后用蒸馏水反复清洗, 直到药液完全去除。在具体操作过程中, 需要掌握涂敷时间, 避免药液长时间作用对文物本体造成伤害。

3. 脱盐

金属文物表面及内部的盐类具有一定的吸水作用, 可以在文物表面及内部形成电解液, 加速文物的腐蚀, 对文物的危害很大。其中危害最大的是氯盐, 因为氯离子的离子半径很小, 很容易渗透到文物内部形成电解质, 使金属文物发生电化学腐蚀。研究表明, 氯离子能够阻止钢铁表面生成的活性 γ -FeOOH 向非活性 α -FeOOH 转变, 并且破坏钢铁钝化膜的形成; 氯离子能加速金属的点蚀、应力腐蚀、晶间腐蚀和缝隙腐蚀等局部腐蚀, 所以出土后的文物要进行脱盐。除去金属文物内的氯化物等有害盐对保持金属文物的稳定性具有重要作用, 金属文物脱盐实质上主要是脱除氯化物。目前在文物保护界金属文物的脱盐清洗方法可归纳为纯净水或溶液浸泡脱盐清洗法、电化学脱盐清洗法及热处理脱盐清洗法三大类。

4. 干燥

由于水对金属文物的破坏作用极大, 因此, 任何有水参加的保护方法实施后都必须马上进行强制干燥。干燥的方法较多, 可采用鼓风干燥、化学试剂干燥, 而更多的是采用将金属文物放进电热箱或者红外灯光下的方法进行干燥。设置温度 50℃ 下烘干 48 小时, 以确保文物完全干燥。

5. 加固

如果文物有比较糟朽部分, 一定要用加固剂将其加固, 避免文物在修复过程中进一步损坏。一般加固采用浓度为 5% 的 B72 溶液进行喷涂。

6. 整形补缺

对于有变形和缺损的金属文物, 一定要进行整形和补配, 使文物处于完好状态。补配时最好采用与文物本体相同的材料, 如果没有条件, 可以采用高分子材料代替。切勿使用其他金属材料进行补配, 因为其他金属材料与文物本体会发生接触腐蚀, 如果非要使用, 一定要在接触面上增加绝缘层。

7. 缓蚀

金属文物在保护过程中一般都要经过缓蚀处理。传统的金属文物保护方法中, 缓蚀剂一般是应用在对金属文物进行封护处理过程中, 将缓蚀剂封护在器物与封护剂之间, 即隔离外界大气中各种有害离子的入侵。缓蚀剂是能抑制金属锈蚀的无机、有机物质的总称, 它是一种在溶液介质中以相应的浓度存在, 起到防止和减缓腐蚀的化学物质或复合化合物, 其特点是用量很少而对腐蚀的抑制作用很大, 由于缓蚀剂在使用过程中无需专门设备, 无需改变金属构件的性质, 因而具有经济、实用性强等优点。

(1) 缓蚀剂分类

缓蚀剂的分类按化学组分可分为有机缓蚀剂和无机缓蚀剂; 按其作用机理可分为阳极型缓蚀剂、阴极型缓蚀剂、吸附型缓蚀剂, 或更细化分为氧化型、沉淀型等; 若按物理状态分类, 有油

溶性缓蚀剂、气相缓蚀剂、水性缓蚀剂等。

(2) 缓蚀剂的作用机理

缓蚀剂的作用机理目前公认的理论大致有以下几种：

①缓蚀剂的成膜原理

成膜理论认为，缓蚀剂能与金属和腐蚀介质的离子发生化学反应，其结果在金属表面生成具有保护作用的、不溶或难溶的化合物膜，阻止腐蚀过程，起到了缓蚀作用。这类缓蚀剂中有一大部分是氧化剂，如铬酸盐、重铬酸盐、硝酸盐和亚硝酸盐等。它们和金属发生化学作用的结果，是使金属表面具有保护作用的氧化膜或钝化膜，从而起到将金属与介质机械隔离的作用。

②缓蚀剂的吸附原理

吸附理论认为，许多有机缓蚀剂属于表面活性物质，其分子由亲水疏油的极性基和亲油疏水的非极性基组成。当将它们加入到介质中，极性定向吸附排列在金属表面，从表面排除水分子或氢离子等腐蚀介质，或者使介质的分子或离子难于接近金属表面，从而起到缓蚀作用。许多有机缓蚀剂如胺类、亚胺类、明胶、淀粉、糊精、含硫的有机化合物如硫醇和硫脲、含氮的杂环化合物如哇琳生物以及吡啶等，其缓蚀作用都可以用吸附理论来解释。

缓蚀剂的吸附又可以分为两类起因于静电引力和范德华力的物理吸附和基于金属与极性基的电子共有的化学吸附。有机缓蚀剂分子中大部分含有氧、氮、硫和磷等具有非共价电子对的元素，这些电子供给体和金属配位结合在金属表面形成致密的覆盖层，从而起到缓蚀作用。

③电极过程抑制原理

该理论认为，缓蚀剂之所以起到缓蚀作用，是由于缓蚀剂的加入抑制了金属在腐蚀介质中的电化学过程，减缓了电化学腐蚀速度。缓蚀剂的存在可能分别增大阴极极化或阳极极化，也可能同时增大阴极极化和阳极极化。抑制阳极型缓蚀剂，亦称钝化剂，是在金属表面形成一层致密的氧化膜而抑制金属的溶解。抑制阴极型缓蚀剂，也称阴极去极化型缓蚀剂，它使阴极极化的斜率变大，即阴极的还原反应被抑制，从而抑制了金属的溶解，即抑制了腐蚀。混合型缓蚀剂，也称混合抑制型缓蚀剂，它们对阴极过程和阳极过程同时起到抑制作用。

④缓蚀作用的影响因素

影响缓蚀剂缓蚀效率的因素很多，除了缓蚀剂的组分、结构、介质的性质、金属的种类和表面状态诸因素外，还与缓蚀剂的浓度、使用温度和介质的运动速度等因素有关。各种因素的影响因缓蚀剂的不同而不同^[46]。因此，在选择缓蚀剂时必须要考虑这些因素，才能起到保护作用。

(3) 缓蚀剂的选择性和协同效应

缓蚀剂保护具有严格的选择性，对一种腐蚀介质或被保护材料能起缓蚀作用，但对另一种介质或另一种金属就不一定有同样的效果，甚至有时还会加速腐蚀，因此必须根据腐蚀介质和被保护材料的不同选择适宜的缓蚀剂种类。两种或两种以上缓蚀剂混合使用（或者缓蚀剂与其他物质混合使用）而使缓蚀效果加强的现象，称为缓蚀剂的协同效应。这种协同效应并不是简单的加合，而是相互促进的结果。为了发挥缓蚀剂的协同效应，一般都用复合型缓蚀剂。

8. 封护

金属作为晶体材料，具有较强的活泼性。即使对于耐蚀的金银器，也因为其中含有杂质而容易发生腐蚀，使金属表面生锈而失去光泽，所以一般金属文物都需要进行封护。目前，国内外应用广泛的封护材料有无机材料和有机材料。无机材料保护有使用无机缓蚀剂、磷酸盐保护法、鞣酸盐保护法等。有机材料主要指适用于涂料的聚合物。聚合物比无机材料具有更好的保护效果，