

文章编号:1005-1538(2011)02-0079-08

· 综述 ·

陶质文物科技保护研究现状

容波^{1,2}, 周铁^{1,2}

(1. 陶质彩绘文物保护国家文物局重点科研基地, 陕西西安 710600;

2. 陕西省秦始皇兵马俑博物馆, 陕西西安 710600)

摘要: 为了提升陶质文物科技保护水平, 本研究从陶质文物病害认知、制陶工艺研究、保护机理研究、保护修复案例等方面进行文献综述, 回顾了国内外陶质文物科技保护的历史与现状, 分析了目前陶质文物科技保护中存在的问题: 陶质文物本体形成的物理化学基础研究尚不深入, 预防性保护缺乏预测陶质文物病害方面的研究, 缺乏科学规范的保护修复效果评价体系, 未来应深入地研究陶质文物保护技术基础理论, 开发出考古发掘现场成熟的系统的综合保护应用技术, 并将陶质文物保护修复材料研究、保护修复技术标准化、规范化研究方面深入下去。

关键词: 陶质文物; 保护修复; 回顾; 研究

中图分类号: G264.2 **文献标识码:** A

0 引言

陶质文物是人类最早的发明创造之一。古陶器的发展演变与人类的生产和生活密切相关, 是历史信息的重要载体。中国古代陶器是中华民族的先民们遗留下来最宝贵的财富之一, 是具有中华民族鲜明特征的历史文化遗产。它一直伴随着炎黄子孙从原始社会走向文明社会。陶器的产生是旧石器时期和新石器时期的分界标志, 在近万年的发展演变中, 某些典型陶器已经成为一些重要时代文化的代表符号^[1]。其内涵十分丰富, 功能极为广泛, 渗透于物质生活、精神生活以及社会生活的各个方面, 见证了中华文明的发展历程, 是考古学研究中建立器物类型学和断代发展序列最重要的实物资料之一, 具有不可替代的历史价值、艺术价值、科学价值, 保护好这些古陶器其意义不言而喻。

1 我国陶质文物概况

陶质文物是指用硅酸盐为主要成分加工的器物, 包括生活用品、生产用品、建筑用品、艺术品等。它是人类创造的第一种新物质, 主要包括四个类别, 即素陶、彩陶、彩绘陶、釉陶四大类。素陶是指在烧

制陶的过程中未加任何元素(釉、漆等)和色彩的纯土陶, 新石器时代人类发明的陶器以红陶为主, 灰陶、黑陶次之。彩陶是指陶坯在入窑焙烧前, 用铁、锰等颜料在坯体上绘画纹饰, 入窑后用氧化焰烧成。彩绘牢固地结合在器物表面, 不易脱落。彩陶上的纹饰有变化多端的植物纹、形态各异的动物纹和几何形纹饰等。常见的器皿有饮食器、贮藏器和吸水器。彩绘陶是指在陶器烧成后进行彩绘的, 称“烧后彩绘陶”, 彩色易剥落。秦始皇陵兵马俑即为彩绘陶。釉陶是指表面施釉的陶器, 我国本土自制的釉陶根据釉层的化学成分特征可分为3个体系^[2]: 铅钡釉体系, 铅釉体系和钙釉体系, 从西方输入的釉陶的釉层则以钠钙釉体系为主。根据烧制温度来划分, 铅釉和铅钡釉属于低温釉, 约在700~900℃条件下可完成烧制; 而钠钙釉和钙釉属于高温釉, 烧成温度稍高, 最高可到1200℃。

经调查统计, 我国三十一个省、自治区、直辖市现有陶质文物148万多件, 占我国可移动文物总量的12.5%; 其中一级文物近万件。而且新出土的陶器还以每年逾万件的速度递增, 陶器历史时期从新石器时代直至清末民初, 涵盖八千多年的历史, 已基本上形成了规模宏大的收藏体系。陶器品种之丰

收稿日期: 2010-05-12; 修回日期: 2011-02-10

基金项目: 国家科技支撑计划资助(2010BAK67B12), 国家文物局文物保护科学和技术研究课题资助(20070209)

作者简介: 容波(1973—), 男, 陕西宝鸡市人, 1996年毕业于华东师范大学化学系, 现就职于秦始皇兵马俑博物馆, 副研究员, E-mail:

rong_bo1973@yahoo.com.cn

富、质量之精湛,在世界文博界都具有重要的地位。

2 陶质文物损毁现状调查概述

国家文物局于 1999~2003 年组织实施了《陶瓷文物腐蚀损失调查》项目,调查结果表明:古陶器中存在盐析、表面酥粉、釉色蜕变、表面片状脱落、磨损等病害;陶质彩绘文物中大量存在彩绘层粉化、起翘、龟裂、脱落等病害。出现中度损害的约占 30%,重度损害的超过 10%,古陶器的损毁状况相当严重并呈日益加重之趋势^[3]。虽然陶器由于其自身材质比较坚固结实,耐风化能力强,但是由于长时期经历自然风化的影响、破坏,古陶器中有相当数量的属易损性陶器,如彩陶、彩绘陶、釉陶等。陶器长期处于缺氧、缺光照的潮湿环境,在发掘过程中,其所处的环境发生了巨变,极易因脱水、氧化等因素而发生褪色、变色、脱釉、彩绘脱落等损毁。

3 陶质文物科技保护国内外研究概述

陶质文物的科技保护问题,大致可以分为以下类型,陶质文物的病害种类、病害机理、预防病害发生和治理病害的技术方法,以及陶质文物的修复技术方法。

陶质文物科技保护研究自 19 世纪在英国伦敦的大英美术馆(Thomson, 1965; Baer and Banks, 1985)^[4]开展以来,发达国家一直比较关注。20 世纪 80 年代以来欧美发达国家开展了一系列的各类博物馆石质、陶质文物受损调查(Brimblecombe, 1990, Ligoeki, 1990)^[5],取得了相当的成果,如 Ashley-Smith, Jonathan 所著的《Risk assessment for object conservation》^[6](文物危险程度的评估)从方法学角度客观实际地提供了一套评估文物危险程度的理论方法,并举例分析了陶器保护修复前评估病害程度的方法和措施。意大利文物保护修复专家 Cesare Brandi 所著的《The theory of restoration》^[7](保护修复理念),将文物修复理论上升到哲学的高度,辩证的阐述修复中审美、艺术性、文物本体保护等各方面的关系和保护修复方法。Rose Kerr, Nigel Wood 所著的《Science and civilisation in China: Volume 5, Chemistry and chemical technology, Part 12, Ceramic technology》^[8](陶瓷技术,中国的科学与文明:第五卷,化学与化学技术 12 分册)从石器时代晚期到 21 世纪,综合历史、考古、工艺和科学分析等多方面的内容对中国陶瓷的发展历程进行了比较详尽和全面的回顾和研究,详细介绍了中国陶瓷制品制作、上釉和烧制过程。Prudence M. Rice 所著的

《Pottery analysis》^[9](陶器分析)从考古学、民族学、艺术风格、功能、物理化学等方面,将陶器作为一个切入点深入地研究相关的人群和文化,并细致地分析研究了从史前到现在陶器的制作方法。J. M. Cronyn 所著的《The elements of archaeological conservation》^[10](考古文物保护的要点)详细地评价现有的保护技术和规程,包括发掘现场、实验室、库房和展览馆内艺术品的内涵、破损的原因、进行的检测和处理;概括了文物损坏的原因、保存的必要性和相应的保护技术,涉及金属、有机、陶器及其它材质文物。Garry Thomson 所著的《The museum environment》^[11](博物馆环境)从预防性保护的角度论述了博物馆中光、湿度和空气污染所造成的损害以及预防措施,并列出了大量案例阐述了陶器养护办法。《Managing conservation in museum》^[12](博物馆文物保护的管理)介绍了文物信息管理方面知识,在理解、评估陶器价值,以及库房养护和实验室修复技术方面进行了阐述。

国内关于陶器科技保护修复的专业书籍相对较少,仅仅偏重于介绍科技保护修复理念和陶器修复技术案例,关于陶器科技检测分析匮乏。黄克忠、马清林编著的《中国文物保护与修复技术》^[13],全面地反映了我国五十多年来文物保护与修复领域的技术与经验。王蕙贞编著的《文物保护学》在第二章对陶器的清洗、粘接、加固、修补、表面封护的材料和方法进行了介绍^[14]。贾文忠在《文物修复与复制》^[15]介绍了陶器修复、复制技术以及陶器修复常用工具、设备和材料。贾文熙《文物养护复制适用技术》^[16]介绍了陶质文物的洁除与养护。王成兴编著的《文物保护技术》^[17]第三章从陶器损坏的内部原因、外部原因、保护机理入手,对陶器保护常见方法进行了介绍。这些著作对于馆藏陶器修复理念和养护介绍较多,尚未形成系统性的陶质文物科技保护著作。

从 20 世纪 80 年代起,随着各研究机构对文物科技保护的重视,陶质文物科技保护研究从制陶工艺研究、彩绘材质研究、保护材料研究、修复案例介绍等方面逐渐开展起来。

在制陶工艺研究方面,李文杰通过考察实物和模拟实验揭示了大地湾一期制陶工艺^[18]。李新燕通过对甘肃省博物馆馆藏彩陶的修复与复原工作,探索了甘肃彩陶制作工艺^[19]。朱铁权对双墩和侯家寨等相关遗址的彩陶和红衣陶的制作工艺作比较分析,明确了红彩和红衣的物相,并较为深入地探讨了它们的制作工艺和文化内涵^[20]。董俊卿利用激光拉曼光谱、X 射线衍射和波长色散 X 射线荧光光

谱等方法对安徽蚌埠双墩遗址出土的5片彩陶和两块红色矿料进行测试分析,明确了矿料的主要物相,并证明了综合利用这三种测试方法对于考古样品物相鉴定与成分分析的有效性^[21]。杨军昌采用X射线探伤技术对汉阳陵陶俑、陶动物成型制作工艺进行分析,根据所拍摄陶塑制品的X射线照片特征,从制作成形陶塑的结构特点出发,对这些陶塑制品的制作工艺做出直观的分析判断,并对有些差异进行讨论^[22]。杨文宗在修复陕西宝鸡戴家湾遗址发掘的陶鬲时,运用了一系列先进科学技术手段,对其制作工艺进行研究,在此基础上实施保护修复^[23]。雷勇用扫描电子显微镜、热分析仪、孔隙率检测仪、X射线衍射仪、傅立叶红外分析等手段对秦兵马俑样品进行了相关的理化分析,并根据分析结果,对秦俑的风化状况进行了初步评估^[24]。容波等运用偏光显微镜对秦兵马俑残片中的一些矿物质(石英、长石、云母等)颗粒的分布形态和含量来分析陶土的成分结构、制作工艺、烧成气氛及原料来源等信息。结果表明,秦俑陶片主要成分为少量砂屑及大量粘土,而粘土为岩土矿风化的产物,秦俑残片裂痕较多的部位风化、酥粉痕迹明显。秦俑制作工艺以模为主,模、塑结合,并在粘土中添加了细砂,多于还原气氛中烧制而成。这方面的研究为文物病害机理研究和保护修复研究奠定了基础^[25]。

从已发表的文献来看,陶质文物科技保护研究领域内对各种病害种类、病害形成机理等已经开始研究,但是依据检测分析结果判断病害程度,揭示病害机理,确立病害标识等量化信息尚未展开,文物保护其他领域虽然有所涉及,但是整体来看在整个行业中这一问题还没有得到足够的重视。2009年秦俑博物馆承担国家文物局行业标准的编制工作,在征求国内外众多专家的基础上完成了《陶质彩绘文物病害分类及图示》^[26],规范了陶质彩绘文物病害类别和病害程度评估,为保护修复提供了科学依据。

彩绘材质研究方面的成果主要体现在颜料成分鉴定和颜料调和剂的分析检测,以此判定彩绘工艺,进而研究文物病害机理。陈晓峰采用X-射线衍射对甘肃马家窑文化时期马家窑类型彩陶颜料进行了分析研究,表明白色颜料以石膏与方解石为主,改变了以往认为白色颜料为高岭土的观点,并阐明了石膏作为彩陶白色颜料的工艺过程;黑色颜料以锌铁尖晶石、磁铁矿以及黑锰矿为主,首次在彩陶颜料中发现了锌铁尖晶石^[27]。王丽琴^[28]、左健^[29]分别采用X-射线衍射、发射光谱、红外光谱、X-射线荧光、光导纤维反射光谱分析等对汉阳陵陶俑彩绘进

行分析鉴定。G. Gautier, M. P. Colombini^[30], Ilaria Bonaduc^[31]和玲^[32]等采用气质联用分析检测彩绘文物中的颜料调和剂,李乃胜利用拉曼光谱结合X衍射和红外光谱物相检测方法,对山西襄汾县陶寺遗址出土陶器的表面含量极少的彩绘颜料及其胶结物质的物相结构进行了分析鉴定^[33]。夏寅等为研究山东危山西汉墓出土彩绘陶器颜料成分,采用偏光显微镜、显微拉曼光谱仪和扫描电子显微镜-能谱仪进行了分析^[34]。闫宏涛利用激光诱导击穿光谱法结合其他仪器表征彩绘文物颜料调和剂,以青州香山汉墓出土彩绘陶器颜料调和剂分析为例,介绍激光诱导击穿光谱分析方法在文物无损分析与表征中的作用^[35]。这些研究成果表明:常见的无损检测及分析技术在文物保护修复领域中已经逐渐展开,基于文物样品的特点,未来无损检测分析技术在文物保护领域应有更为广阔的发展前景。

彩绘加固是陶质彩绘文物保护的国际性难题。虽然,越来越多的有机高分子材料被“移植”于文物保护领域,但其加固剂的稳定性需要进行系统、科学、全面的研究,以克服选择材料的盲目性和片面性。容波、周铁对目前国内陶质彩绘文物常用加固剂进行了阐述和比较,分析了我国陶质彩绘文物加固剂使用现状,介绍了国内外在陶质彩绘文物保护用加固剂研究方面的新进展^[36]。袁传勋为加固保护陶质文物,用以硅溶胶为主体,PVAc(白乳胶)和PVB(聚乙烯醇缩丁醛)对其共混改性制成的无机-有机复合材料作为陶质文物的增强保护材料,用最佳材料配方在常温、常压下通过浸泡工艺对古陶片进行浸渗处理^[37]。董兵海则采用纳米SiO₂改性的聚丙烯酸酯复合乳液对陶质文物进行加固保护处理^[38]。和玲为对陕西户县大王镇庙底沟遗址出土的新石器时代的彩陶进行保护,在用X射线衍射测得表面风化物的成分及对彩陶含湿量测定的基础上,用不同浓度四元含氟共聚物(F4SS)溶液进行加固防护处理^[39]。为了保护徐州狮子山出土的彩绘陶俑,万俐在分析检测的基础上,在外观、颜色光泽度变化、固化物形成期、防水接触角、吸湿等温线、吸水率、抗压强度等方面对常用7种文物彩绘加固材料进行对比实验,最终筛选出氟橡胶作为保护材料并在彩绘陶俑上实施^[40]。宗时珍针对徐州地区大量出土的饱水彩绘陶器,出土后颜料、胶料失水收缩产生不平衡应力,导致颜料疏松、粉化、脱落的实际情况,选用耐老化、抗氧化性能较好的高分子材料-氟树脂^[41]实施保护。西北大学王丽琴采用傅立叶红外光谱技术跟踪了目前用于陶质彩绘文物加

固的 11 种高分子保护材料在降解期间发生的化学变化、鉴定了降解产物^[42]，赵静对彩绘加固材料老化前后红外谱图进行对比，发现分子结构都或多或少发生了变化。特别是聚醋酸乙烯酯、PU 乳液、芳香族聚氨酯、丙烯酸清漆等的分子结构变化较大，而 Primal AC 33、B72、有机硅和 UV326 改性 B72 相对较小，材料的耐老化性能较好^[43]。何秋菊为提高广泛应用于秦俑彩绘陶器保护中的 MDI 型聚氨酯（PU 乳液）的耐光老化性，以物理共混方式采用超声波分散将纳米材料添加到 MDI 型聚氨酯中，通过 UV-Vis 光谱考察了分散效果，利用 ATR-FTIR、漫反射光谱技术及失重分析对改性后材料的耐光老化性能进行了评价^[44]。

从 20 世纪 90 年代开始，中德合作项目《秦俑彩绘保护研究》通过细致地观察、激光全息摄像仪器测试以及彩绘材料分析等项研究，揭示了彩绘损坏机理^[45]。秦俑彩绘之所以难以保护，这与其特殊的层次结构、所用材料的特性以及出土时的保存状况有关。彩绘的颜料调和剂及大漆底层均已老化。颜料层内部的粘结力，彩绘的各层之间、底层与陶体之间的黏附力都很微弱；特别是底层（大漆层）对失水非常敏感。出土后，环境变化使得漆层失水，引起漆层剧烈收缩、龟裂、起翘、卷曲，造成彩绘脱离陶体。由于秦俑彩绘中有这样一种质地致密、呈连续膜状的大漆底层，常用的天然及合成的高分子加固剂不能渗过底层，在底层和陶体之间起加固作用。况且，一般的加固剂也不足以抵御漆层因失水而引起的剧烈皱缩。秦俑彩绘保护技术研究课题组针对彩绘的脱落机理，提出了新的保护实验思路，在实验室获得了两套有效的保护方法，即抗皱缩剂和加固剂联合处理保护方法，和单体渗透、电子束辐照固化加固保护方法，成功保护了秦俑彩绘^[46]。

在保护修复研究中，近年来朱学文通过工作实践，总结出保护秦俑彩绘中的一套考古发掘现场和室内保护修复彩绘陶俑的清理保护方法^[47]。陈海^[48]、申茂盛^[49]对彩绘陶质文物的清理、加固技术进行了初步探索。在清理彩绘陶器时，为避免彩绘颜料脱落，张欢^[50]用具有溶剂可逆性的加固剂对彩绘层先做渗透加固，再用溶剂溶解覆土中的加固材料，同时配合机械法清理覆土。在修复秦俑中，容波^[51]选用聚丙烯酸树脂/乙酸乙酯溶液对茬口进行预处理，再涂施改性环氧树脂粘接剂粘接，造成粘接剂强度和陶胎强度接近，使粘接性能优化。董兵海^[52]在工作实践中研制出合适的粘合剂粘接修复陶质文物。在釉陶修复中，蒋道银^[53]为提高釉陶修

复质量，在对现有材料测试和筛选的基础上，结合国内外研究的现状，制定出对丙烯酸涂料进行交联的双组分丙烯酸-聚氨酯复合型仿釉涂料的试验路线。通过对引发剂、流平剂、消泡剂、附着力促进剂等多种助剂进行了分门别类的实验研究，确定了仿釉涂料组分。俞蕙^[54]研究了古陶器修复的上色材料及其施工工艺，介绍了打底、上色、仿釉、作旧等步骤，令其在视觉上与文物的总体色泽相协调。这些陶质文物科技保护修复实施各环节的研究为规范陶质文物操作流程和成果推广奠定了基础。

近年来随着文物保护修复工作的深入开展，陶质文物保护修复案例研究越来越多。容波等利用秦俑彩绘保护技术研究成果，对出土于秦俑二号坑的跪射俑^[55]、秦始皇帝陵出土文官俑、百戏俑等彩绘陶俑进行了保护修复。李钢^[56]在科学分析的基础上，对四川省博物院藏东汉陶马进行保护修复，采用 10% 氨水、75% 乙醇、5% 醋酸和蒸馏水等清除表面污垢，用丙酮对已老化的粘合剂进行清除，对已经风化、酥松、掉粉、起层等部位采用 5%~15% 聚醋酸乙烯酯、D-801、GSP-53 陶瓷加固；对断裂处采用 505 树脂、DG-4 双酚胶粘剂、A356 胶粘剂粘合等方法修复保护。杨忙忙^[57]针对咸阳北周墓出土彩绘陶器的特点，在最佳时间实现土层与彩绘层的成功分离，逐渐降低饱水彩绘陶器的含水率，使其最终在大气中趋于稳定，最后及时加固和封护彩绘层并采用适合该陶质强度的粘接剂进行粘接复原。蒋道银^[58]通过清洗、粘接、补缺、表面打底、作旧，将破碎残缺的唐代彩绘陶仕女俑恢复其原有形状。

2004 年国家文物局设立陶质彩绘文物保护国家文物局重点科研基地以来，以科研基地承担的“陶质彩绘文物保护修复技术规范预研究”项目通过梳理现有陶质彩绘文物保护修复技术资料，研究陶质彩绘文物保护修复现状，从馆藏陶质彩绘文物的文献收集整理、藏品保存环境资料记录、藏品病害检测、科学分析以及保护修复方案制订^[59]、保护修复档案^[60]的建立进行规范，以方便存档、查询、总结，最终构建起陶质彩绘文物保护修复规范化体系框架^[61]，从而提升文物保护、修复、研究的规范化和标准化进程。“拉曼光谱在陶质彩绘文物保护研究中的应用及方法学研究”项目采用拉曼光谱对中国古代颜料的标准样品和考古文物中的颜料、陶体和釉层进行分析测试并探索最佳实验条件，进行拉曼光谱陶质彩绘文物分析方法学研究，建立起中国古代彩绘颜料和陶体的拉曼光谱数据库及标准分析方法。“陕西省陶质彩绘文物调查研究”项目，通过广

泛调查陕西省内陶质彩绘文物的数量、地域分布、时代分布、种类、胎体材料、器形、纹饰、色彩、病害情况、保护现状及保护修复历史等要素,积累大量原始的基础型数据,初步建立陕西省陶质彩绘文物数据库和陶质彩绘文物标本库。西安交通大学主持承担的“秦汉陶质彩绘颜料特征指标体系研究”项目,依据无损检测技术和大型设备分析技术,研究颜料密度、颜料色度、颜料厚度和单位表面积上颜料质量的特点,建立秦汉陶质彩绘颜料特征指标体系和状况评估体系,及时准确地掌握彩绘颜料的病害特征,为科学保护提供重要的技术参数依据。国家博物馆主持承担的“陕西、河南地区出土唐代釉陶器釉层剥离原因及保护研究”项目,采用 LA-ICP-AES(激光剥蚀进样电感耦合等离子体原子发射光谱)分析河南巩义黄冶、陕西铜川黄堡窑出土釉陶器中釉层的化学组成,采样分析了陕西唐乾陵懿德太子墓、唐大明宫出土的唐代釉陶器胎与釉的化学成分,总结制作工艺(内因)对釉层剥落造成的影响。根据唐代釉陶器埋藏和保存环境并结合文献,总结外因对釉层剥落造成的影响。西安交通大学承担了科研基地开放性课题——“古代彩绘颜料调和剂粘合材料的系统分析”项目,根据古代陶质彩绘中粘合剂检测分析的特殊性,设计合理的分析路线、样品制备技术及分析参数,从样品的模拟制备、老化处理、对照分析、粘合剂成膜过程中官能团变化的跟踪分析及模型拟定、颜料对常用粘合剂分析检测的影响、粘合剂特征指纹峰的确定、真实样品分析等方面建立与其相对应的粘合剂优化分析条件,确定不同粘合剂的特征指纹检测峰,完成古代陶质彩绘中天然粘合剂分析方法及测定数据库的建立,并为数据库的推广应用提供全面的理论依据。这些科研项目的开展不论是从基础研究还是从应用推广对陶质文物保护修复做了深入的探索。

在大量陶质文物保护研究的基础上,陶质彩绘文物保护国家文物局重点科研基地(秦俑博物馆)还积极开展了很多珍贵陶质文物保护修复实施及方案编制工作,如“陇县店子秦墓出土彩绘陶器保护修复”、“青州香山汉墓出土彩绘陶器保护修复”、“咸阳永寿县白坊村出土彩绘陶器的保护修复”,“焦作靳德茂墓地出土元代彩绘陶俑的保护修复方案”,2009年科技支撑项目“考古发掘现场出土陶质彩绘文物保护关键技术研究”启动,针对考古发掘现场出现的陶质彩绘文物彩绘层起翘、脱落等问题,开展陶质彩绘文物应急保护关键技术研究,筛选、研发新的系列陶质彩绘文物保护材料及其保护工艺;

研究制订相应的规范标准,并开展示范性保护和推广应用。这些项目的开展都从不同程度上解决了陶质文物的保护问题。

4 结 语

总之,陶质文物保护研究领域已有一些研究成果,其中成分分析、病害原因的研究较多,比如在分析检测方面,许多分析测试方法已被应用到陶器成分分析、年代测定、制作工艺以及形态分析,并通过利用或建立一定的数学模型,分析已获取的信息来揭示当时人们的制陶技术、社会组织形态,进而揭示群体之间的交往,描述人们与周边自然环境的关系、人群迁徙途径以及文化的传播流向,同时为科学保护提供依据。在颜料调和剂研究方面,国内外相关研究都只对文物中颜料调和剂的种类进行了鉴定,而对于颜料调和剂降解程度、其与彩绘颜料产生病害的关系研究未见报道。

从目前的资料来看,在病害认知方面,尚未系统研究陶质文物材料的制备工艺与形成的物理化学基础,揭示其组成-结构-工艺-性能间的相互关系,探究陶质文物的保存环境,包括地质环境、气象环境、大气环境和生物环境;建立多变量环境影响因素(温度、湿度、盐、大气污染物、光辐射、霉菌、有害昆虫等)与病害之间的相互关系及其演变规律,确定关键性的环境影响因素,为阻止、延缓及预测病害形成提供科学依据,并建立研究及评价方法,为今后科技保护提供科学与技术基础。

陶质文物保护技术研究较少,也较零散,系统地、深入研究很少;对彩绘陶器保护研究,尤其是考古发掘现场的保护技术研究,多为应急性的处理,罕有成熟、系统的综合保护应用技术。由于没有从根本上了解文物本身的性质和腐变的机理,长时间保护工作的进展不大,也未充分得到社会的重视和投入,个别例案更缺乏科学的、针对性的措施。

随着文物保护科技的发展,国家对文物科研基础工作的加大投入,相信陶质彩绘文物保护工作会逐渐受到重视,尤其是系统性文物保护工作的开展,对陶质彩绘文物保护技术的标准化、规范化的关注也会越来越深入,并进一步走向完善。未来几年将会有更多、更详细的研究成果出现。

参考文献:

[1] 李家治. 中国早期陶器的出现及其对中华文明的贡献[J]. 陶瓷学报. 2001, (2): 26-31.

LI Jia-zhi. An appearance of early Chinese pottery and its contribution to chinese civilization [J]. J Cer, 2001, (2): 26-31.

- [2] 王 熠,田卫丽. 汉代铅釉陶发展综述[J]. 文博,2010,(2):17-23.
WANG Yi,TIAN Wei-li. Review of the lead glazed pottery of Han dynasty[J]. Cult Relic Mus,2010,(2):17-23.
- [3] 郭 宏. 全国文物腐蚀损失调查[J]. 中国文化遗产,2005,(4):97-100.
GUO Hong. Investigation for the damage of the Chinese Collected Relics[J]. China Cult Herit,2005,(4):97-100.
- [4] Catherine S. First aid treatment for exvacated finds, conservation on archaeological excavations[Z]. Rome,1995:29-35.
- [5] Brimblecombe P. Blades N. Camuffo. The indoor environment of a modern museum building, The Sainsbury Centre for Visual Arts Norwich UK[J]. Indoor Air,1999,9(3),146-164.
- [6] Ashley-Smith. Jonathan. Risk assessment for object conservation [M]. Butterworth Heinemann,1999:4.
- [7] Cesare Brand. The theory of restoration [M]. Butterworth Heinemann,1980.
- [8] Rose Kerr, Nigel Wood. Science and civilisation in China; Vol 5, Chemistry and chemical technology, Part 12, Ceramic technology [M]. Cambridge University Press,2004:10.
- [9] Prudence M. Rice. Pottery analysis [M]. University Of Chicago Press,1987:7.
- [10] Cronyn J M. The elements of archaeological conservation [M]. Cambridge University Press,2000.
- [11] Garry T. The museum environment [M]. Butterworth Heinemann,1996.
- [12] Emiliano C. Managing conservation in museum [M]. University Of Chicago Press,1997.
- [13] 黄克忠,马清林. 中国文物保护与修复技术 [M]. 北京:科学出版社,2009.
HUANG Ke-zhong,MA Qin-lin. Chinese relics conservation and restoration technique [M]. Beijing:Science Press,2009.
- [14] 王蕙贞. 文物保护学 [M]. 北京:文物出版社,2009:3.
WANG Hui-zhen. Conservation relics lessons in China [M]. Beijing:Cultural Relics Press,2009:3.
- [15] 贾文忠. 文物修复与复制 [M]. 北京:中国农业科技出版社,1996.
JIA Wen-zhong. Culture repair and copy [M]. Beijing:Agriculture Science and Technique Publish House,1996.
- [16] 贾文忠. 文物养护复制适用技术 [M]. 西安:陕西旅游出版社,1997.
JIA Wen-xi. The technique of preservation and copy of the relics [M]. Xi'an: Shaanxi Tour Press,1997.
- [17] 王成兴. 文物保护技术 [M]. 合肥:安徽大学出版社,2005.
WANG Cheng-Xing. Conservation technique of the Relics [M]. Hefei:Anhui University Publishing House,2005.
- [18] 李文杰,郎树德,赵建龙. 甘肃秦安大地湾一期制陶工艺研究 [J]. 考古与文物. 1996,(2):23-35.
LI Wen-jie,LANG Shu-de,ZHAO Jian-long. Research on the technique of making Pottery excavated Da diwan Remains in Qinan of Gansu province [J]. Archaeol Cult Relics,1996,(2):23-35.
- [19] 李新燕. 甘肃彩陶制作工艺实验与探索 [J]. 考古与文物,2005,(6):87-91.
LI Xin-yan. Experiment research into the technique of making polychrome Pottery of Gansu province [J]. Archaeol Cult Relics,2005,(6):87-91.
- [20] 董俊卿,朱铁权,毛振伟,等. 双墩遗址、侯家寨遗址彩陶与红衣陶制作工艺的初步研究 [J]. 东南文化,2006,(1):24-30.
DONG Jun-qing,ZHU Tie-quan,MAO Zhen-wei, et al. Pilot study on manufacture technology of painted and red-coated pottery in shuangdun,houjiatai site [J]. Southeast Cult,2006,(1):24-30.
- [21] 董俊卿,冯敏,王昌燧,等. 双墩彩陶颜料的测试研究 [J]. 岩矿测试,2007,(1):13-16.
DONG Jun-qing,FENG Min,WANG Chang-sui, et al. Research on the pigment provenance of painted pottery samples from Shuangdun Site [J]. Rock Min Anal,2007,(1):13-16.
- [22] 杨军昌,韩汝芬. X 光照相技术在文物及考古学研究中的应用 [J]. 文物保护与考古科学,2001,13(1):55-60.
YANG Jun-chang,HAN Ru-bin. The application of X-rays photography in the study of cultural relics and archaeology [J]. Sci Conserv Archaeol,2001,13(1):55-60.
- [23] 杨文宗. 戴家湾陶鬲修复前的诊断分析与制作工艺 [J]. 文博,1999,(1):91-95.
YANG Wen-zong. Research on the making technique excavated in Dai Jiawan remains [J]. Cult Relic Mus,1999,(1):91-95.
- [24] 雷 勇,原思训,郭宝发. 秦兵马俑表层风化状况的研究 [J]. 文物保护与考古科学,2004,16(4):37-43.
LEI Yong,YUAN Si-Xun,GUO Bao-fa. Study on the weathering of the Emperor Qin's Terracotta [J]. Sci Conserv Archaeol,2004,16(4):37-43.
- [25] 容 波,兰德省. 秦俑陶片的偏光显微分析研究 [J]. 文物保护与考古科学. 2005,17(3):37-41.
RONG Bo,LAN De-sheng. The PLM research to the fragments from Qin terracotta [J],Sci Conserv Archaeol,2005,17(3):37-41.
- [26] 秦始皇兵马俑博物馆. 陶质彩绘文物病害分类及图示 [M]. 北京:文物出版社,2010:9.
The Museum of Terracotta Warriors and Horses of Emperor Qin Shihuang. The criterion of classifying and iconic of the fault of ancient polychrome pottery [M]. Beijing:Cultural Relics Press,2010:9.
- [27] 陈晓峰,马清林. 马家窑类型彩陶黑、白颜料的 X-射线衍射分析 [J]. 兰州大学学报(自然科学版),2000,(2):58-62.
CHEN Xiao-feng,MA Qing-lin. An analysis of the black and white pigments of colored pottery at Majiayao by X-ray Diffraction [J]. J Lanzhou Univ (Nat Sci Ed),2000,(2):58-62.
- [28] 王丽琴,郑利平,党高潮. 汉阳陵陶俑彩绘的光谱分析 [J]. 光谱学与光谱分析. 2000,(3):151-153.
WANG Li-qin,ZHENG Li-ping,DANG Gaochao. A color analysis of the Han Dynasty's Yang Ling Tombs colored pottery figurine by spectroscopy [J]. Spectr pectr Anal,2000,(3):151-153.
- [29] 左 健,赵西晨,吴 若,等. 汉阳陵陶俑彩绘颜料的拉曼光谱分析 [J]. 光散射学报. 2002,(3):38-41.
ZUO Jian,ZHAO Xi-chen,WU Ruo, et al. Identification of the

- pigment in painted pottery figurine from the Han Dynasty's Yang Ling Tombs by raman microscopy [J]. *Chin J Light Scat.* 2002, (3):38-41.
- [30] Gautier G, Colombini MP. GC-MS identification of proteins in wall paintings: a fast clean-up procedure to remove salt interferences [J]. *Talanta* 2007, (73):95-102.
- [31] Ilaria Bonaduce, Catharina Blaensdorf. The binding media of the polychromy of Qin Shihuang's Terracotta Army [J]. *J Cult Herit*, 2008, (9):103-108.
- [32] 和玲, 梁国正. 热裂解气相色谱-质谱在文物保护和艺术品研究中的应用[J]. *文物保护与考古科学*, 2003, 15(1):57-62.
HE Ling, LIANG Guo-zheng. Application of pyrolysis gas chromatography-mass spectrometry in the conservation and investigation of art objects [J]. *Sci Conserv Archaeol*, 2003, 15(1):57-62.
- [33] 李乃胜, 杨益民, 何弩. 陶寺遗址陶器彩绘颜料的光谱分析[J]. *光谱学与光谱分析*, 2008, (4):228-230.
LI Nai-sheng, YANG Yi-min, HE Nu. Spectral analysis of ceramic-painting pigments from taosi site [J]. *Spectr Spectr Anal*, 2008, (4):228-230.
- [34] 夏寅, 吴双成, 崔圣宽, 等. 山东危山西汉墓出土陶器彩绘颜料研究[J]. *文物保护与考古科学*, 2008, 20(2):15-21.
XIA Yin, WU Shuang-cheng, CUI Sheng-kuan. Study on the pigments in polychrome potteries of West Han Dynasty tomb in Weishan, Shandong province [J]. *Sci Conserv Archaeol*, 2008, 20(2):15-21.
- [35] 阎宏涛, 昌征. 激光诱导击穿光谱法及其在彩绘文物分析与表征中的应用[J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 2009, (4):60-64.
YAN Hong-tao, CHANG Zheng. The laser-induced breakdown spectroscopy and its applications in the polychrome cultural relics [J]. *J Northwest Univ (Nat Sci Ed)*, 2009, (4):60-64.
- [36] 周铁, 容波. 陶质彩绘文物保护用加固剂研究进展[J]. *文物保护与考古科学*, 2008, 20(4):68-72.
ZHOU Tie, RONG Bo. Research state of consolidation the painting layers of ancient polychrome pottery Arts [J]. *Sci Conserv Archaeol*, 2008, 20(4):68-72.
- [37] 袁传勋. PVAc和PVB改性硅溶胶加固保护陶质文物的研究[J]. *文物保护与考古科学*, 2003, 15(1):14-23.
YUAN Chuan-xun. Study on PVAc and PVB modified silica sols used as reinforcing materials for the cultural relic of pottery [J]. *Sci Conserv Archaeol*, 2003, 15(1):14-23.
- [38] 董兵海, 王时敏, 许祖勋. 纳米SiO₂/聚丙烯酸酯复合乳液加固保护陶质文物的研究[J]. *涂料工业*. 2005, (12):13-16.
DONG Bing-hai, WANG Shi-min, XU Zu-xun. Study on Nano SiO₂/ Polyacrylate Hybrid Emulsion for Protection and Reinforcement of Ceramic Relics [J]. *Paint Coat Ind*, 2005, (12):13-16.
- [39] 和玲, 姜宝莲, 梁国正. 氟聚合物用于陕西户县出土新石器彩陶的保护研究[J]. *文物保护与考古科学*, 2003, 15(3):37-41.
HE Ling, JIANG Bao-lian, LIANG Guo-zheng. Fluorinated polymers for the conservation of painted pottery in Neolithic Age [J]. *Sci Conserv Archaeol*, 2003, 15(3):37-41.
- [40] 万俐, 徐飞, 范陶峰, 陈步荣. 徐州狮子山汉楚王陵彩绘陶俑的保护研究[J]. *文博*, 2009, (6):133-143
WAN Li, XU Fei, FAN Tao-feng, CHENG Bu-rong. The study in conservation about the painted pottery figurine unearthed in Shizi Mountain of Xuzhou [J]. *Cult Relic Mus*, 2009, (6):133-143.
- [41] 宗时珍, 赵晓伟, 盛储彬. 出土饱水彩绘陶器保护研究[J]. *东南文化*, 2008, (1):85-91.
ZONG Shi-zhen, ZHAO Xiao-wei, SHENG Chu-bin. Study on protection of water-logged painted potteries [J]. *Southeast Cul*, 2008, (1):85-91.
- [42] 王丽琴, 杨璐. 改性B72文物保护材料耐光老化性能研究[J]. *西北大学学报(自然科学版)*. 2006, (5):79-82.
WANG Li-qin, YANG Lu, DANG Gao-chao, ZHAO Jing, et al. A study on the anti-photoageing property of the modified B72 as a relic protection material [J]. *J Northwest Univ (Nat Sci Ed)*, 2006, (5):79-82.
- [43] 赵静, 杨璐. 改性丙烯酸树脂文物保护材料耐光性能研究[J]. *工程塑料应用*. 2006, (9):61-64.
ZHAO Jing, YANG Lu. Study on light fastness of relic protection material of modified acrylic resin [J]. *Eng Plastics Appl*, 2006, (9):61-64.
- [44] 何秋菊, 王丽琴, 吕梁波, 等. 纳米材料改性彩绘陶器文物保护材料MDI型聚氨酯的研究[J]. *精细化工*, 2008, (1):16-19.
HE Qiu-ju, WANG Li-qin, LU Liang-bo, et al. Study of Nano-material Modified Colored Drawing Pottery Protection Material—MDI Polyurethane [J]. *Fine Chem*, 2008, (1):16-19.
- [45] 秦始皇兵马俑博物馆. 秦俑彩绘保护技术研究[J]. *中国文化遗产*, 2004, (3):35-36.
The Museum of Terracotta Warriors and Horses of Emperor Qin Shihuang. Study on the conservation technique of polychrome Qin Terracotta [J]. *China Cult Herit*, 2004, (3):35-36.
- [46] 容波, 张志军, 周铁, 等. 用电子束辐照加固秦俑彩绘[J]. *文物保护与考古科学*, 2002, 14(2):3-10.
RONG Bo, ZHANG Zhi-jun, ZHOU Tie, et al. Consolidation of painting layers on Qin Terracotta by electron beam radiation [J]. *Sci Conserv Archaeol*, 2002, 14(2):3-10.
- [47] 朱学文. 秦俑二号坑彩绘跪射俑清理方法探索[J]. *文博*, 2000, (1):77-80.
ZHU Xue-wen. Research on the cleaning technique of polychrome kneeling archer excavated in Pit No 2 of Qin terracotta [J]. *Cult Relic Mus*, 2000, (1):77-80.
- [48] 陈海. 彩绘陶质文物的清理加固技术[J]. *考古与文物* 1995, (2):75-82.
CHEN Hai. The technique of cleaning and consolidation on the painted pottery relics [J]. *Archaeol Cult Relics*, 1995, (2):75-82.
- [49] 申茂盛. 陶器修复中的清洗[J]. *文博*. 1999, (1):96-98.
SHEN Mao-sheng. The cleaning pottery during restoration [J]. *Cult Relic Mus*, 1999, (1):96-98.
- [50] 张欢, 许盟刚, 刘成, 等. 可逆性加固剂在彩绘陶器覆土清理中的应用[J]. *文博*, 2009, (6):317-321.
ZHANG Huan, Xu Meng-gang, Liu Cheng, et al. The application of the reversible reinforcement agent in the clay cleaning for polychrome pottery [J]. *Cult Relic Mus*, 2009, (6):317-321.

- [51] 容波, 兰德省. 秦俑修复粘结剂试验初步研究[J]. 文博, 2003, (2): 73-80.
RONG Bo, LAN De-sheng. Research on adhere test of the Qin terracotta [J]. Cult Relic Mus. 2003, (2): 73-80.
- [52] 董兵海, 夏璐, 谭白明, 等. 新型陶质文物修复粘合剂的研制[J]. 中国胶粘剂, 2006, (3): 28-30.
DONG Bing-hai, XIA Lu, TAN Bai-ming. Study on adhesive applied for mending antique pottery [J]. China Adhesives, 2006, (3): 28-30.
- [53] 蒋道银, 罗曦芸, 刘伟, 等. 古陶瓷修复仿釉涂料的研究[J]. 文物保护与考古科学, 2002, 14(4): 92-100.
JIANG Dao-yin, LUO Xi-yun, LIU Wei, et al. Glazed coating for old pottery mending [J]. Sci Conserv Archaeol, 2002, 14(Suppl): 92-100.
- [54] 俞蕙, 杨植震, 邓廷毅. 古陶器修复的上色材料与工艺[J]. 上海工艺美术, 2007, (1): 30-33.
YU Hui, YANG Zhi-zhen, Deng Ting-yi. Variegation material and craftwork in antient pottery renovation [J]. Shanghai Arts Crafts, 2007, (1): 30-33.
- [55] 容波. 秦俑二号坑紫袍跪射俑的保护与修复[J]. 考古与文物, 2005, (5): 88-94.
RONG Bo. Conservation and restoration of purple kneeling archer figure excavated in pit No 2 [J]. Archaeol Cult Relics, 2005, (5): 88-94.
- [56] 李钢. 对一件馆藏东汉陶马进行抢救性修复保护[J]. 文物保护与考古科学, 2008, 20(1): 63-66
LI Gang. Rescue conservation of an East Han earth ware horse in the museum collection [J]. Sci Conserv Archaeol, 2008, 20(1): 63-66.
- [57] 杨茫茫. 北周墓出土彩绘陶器的加固与保护[J]. 文博, 2009, (6): 311-316.
YANG Mang-mang. The consolidation and preservation of painted pottery unearthed from Bei-Zhou Tombs [J]. Cult Relic Mus, 2009, (6): 311-316.
- [58] 蒋道银. 唐代彩绘陶仕女俑的修复[J]. 收藏家, 1997, (4): 48-49.
JIANG Dao-yin. Restoration of polychrome pottery lady of tang dynasty [J]. Collectors, 1997, (4): 48-49.
- [59] 秦始皇兵马俑博物馆. 陶质彩绘文物保护修复方案编写规范[M]. 北京: 文物出版社, 2010: 9.
The Museum of Terracotta Warriors and Horses of Emperor Qin Shihuang. Specification for compilation of conservation and restoration plan of polychrome pottery [M]. Beijing: Cultural Relics Press, 2010: 9.
- [60] 秦始皇兵马俑博物馆. 陶质彩绘文物保护修复档案记录规范[M]. 北京: 文物出版社, 2010: 9.
The Museum of Terracotta Warriors and Horses of Emperor Qin Shihuang. Specification for recording of conservation and restoration archives of polychrome pottery [M]. Beijing: Cultural Relics Press, 2010: 9.
- [61] 周麟麟, 兰德省, 容波. 彩绘陶器保护修复规范化操作初步研究——以山东青州汉墓出土彩绘陶马为例[J]. 文博, 2009, (6): 333-339.
ZHOU Lin-lin, LAN De-sheng, RONG Bo. The research on standardized procedure of conservation and restoration on polychrome pottery——conservation and restoration on the polychrome pottery excavated in a Han Dynasty Tomb at Qinzhou, Shangdong Province [J]. Cult Relic Mus, 2009, (6): 333-339.

Current science conservation and research of ancient pottery

RONG Bo^{1,2}, ZHOU Tie^{1,2}

- (1. The Key Scientific Research Institute for the Conservation of Ancient Polychrome Pottery, State Administration for Culture Heritage, Xi'an 710600, China;
2. The Museum of the Terracotta Warriors and Horses of Emperor Qin Shihuang, Xi'an 710600, China)

Abstract: With the aim of better and more scientifically conserving ancient pottery, current research on the conservation and restoration of ancient pottery has been reviewed. This review includes identification of deterioration and damage, construction techniques, the mechanisms of conservation and restoration and case studies of conservation and restoration, etc. The history and current status of scientific conservation of ancient pottery objects, both inside and outside of the country, have been summarized and existing issues are pointed out. These issues include the lack of basic research in the physics and chemistry of pottery itself, the lack of research on the prevention and prediction of deterioration and the lack of a systematic method for measurement and evaluation of the degree of deterioration and damage. In the future, we should focus on basic research, systematic in-site archaeological conservation techniques, research on conservation materials and standardization of conservation and restoration treatments for ancient pottery.

Key words: Ancient pottery; Conservation and Restoration; Review; Research

(责任编辑 谢燕)