

桃渚城城墙病害初步调研与保护对策探讨

崔彪¹, 傅峥嵘¹, 刘效彬², 梁丽君³, 张秉坚²

(1. 浙江省文物考古研究所, 浙江杭州 310014; 2. 浙江大学文博系, 浙江杭州 310027; 3. 临海市文物保护管理所, 浙江临海 317000)

摘要: 临海桃渚城建于明代, 是浙江保存最完好的抗倭卫所城址, 全国重点文物保护单位。通过对桃渚城的现存状况进行调查分析可知, 城墙目前存在局部坍塌、鼓闪、灰浆流失等病害, 其本身的构造缺陷加上降雨和植物生长的共同作用是病害的主要成因。这类问题在东南沿海地区的古城墙中具有一定普遍性。针对这些病害以及桃渚城的构造特点, 结合国内一些城墙保护的工程实例, 提出桃渚城的保护策略: 加强墙体的结构稳定性、加固墙芯填土、增设墙顶防水措施、及时疏改威胁本体安全的植物, 可为后续以及同类城墙的保护工作提供参考。

关键词: 桃渚城; 古城墙; 病害; 保护对策

中图分类号: K854; TU398+.9 **文献标识码:** A

0 引言

桃渚城位于浙江省临海市东南约 40 公里东海之滨的桃渚镇城里村, 地处三门湾与台州湾之间, 是古代从海上进入台州府的要冲, 军事地位十分重要。为了抵御倭寇, 明洪武二十年(1387 年)信国公汤和在旧城山筑桃渚城。明正统八年(1443 年), 桃渚城内迁至现址, 时任户部侍郎焦宏亲自督造, 由原来的土城改为石城, 留存至今。桃渚城是明代浙江沿海用于抗倭的四十一个卫所中唯一保存完好的一个, 在国内亦十分罕见, 是研究明代卫所制度、沿海防御体系和抗倭史的重要实物资料。除了城墙之外, 城中还保存着明代的摩崖题刻和明、清历朝所修建的寺庙庵堂以及古建民居数十处。2001 年 6 月 25 日, 桃渚城被国务院公布为全国重点文物保护单位。作为浙江省文物保护专项的工作内容, 于 2013 年 5 月专程对桃渚城的现存状况进行了调查和取样分析, 开展了城墙病害和保护对策的研究。

1 桃渚城构造特点

桃渚城的平面呈不规则方形, 东、南、西段城前有护城河, 北段位于山坡上, 周长约 1.4km。城墙的平均高度一般约 4m, 平均宽度约 5m, 城基宽约 10m。城上原建有敌台十四个, 现尚存七个。有城门三道, 东、南、西各一, 均为瓮城构造。桃渚城主体

部分为典型的块石包砌型城墙, 这一做法在东南沿海地区较为常见。墙体内部填土为黄褐色粘土与少量碎石的混合物, 没有夯筑的迹象, 顶部无砖石铺装, 亦无三合土质防水层。外侧包砌墙体主要为不规则块石错缝砌成, 包砌层厚度约 0.3~0.5m, 收分角度约为 5°~15°。顶部城垛在大跃进时期被人为拆除, 八十年代在东、南、西三面城上用不规则块石沿包砌层向上顺延砌筑女儿墙一道, 高约 0.7m, 厚约 0.4m, 顶部压以石板。城门洞和城墙阳角处为了增强稳定性, 多为粗糙加工过的石板叠砌。城墙内侧多做成两级阶梯, 立面用块石包砌, 山体上的城墙内侧多为植物茂盛的自然土坡。瓮城内城门拱券等处使用灰浆砌筑, 其余部分均为干砌。以比较典型的东城门南侧城墙段为例, 其截面构造如图 1 所示。

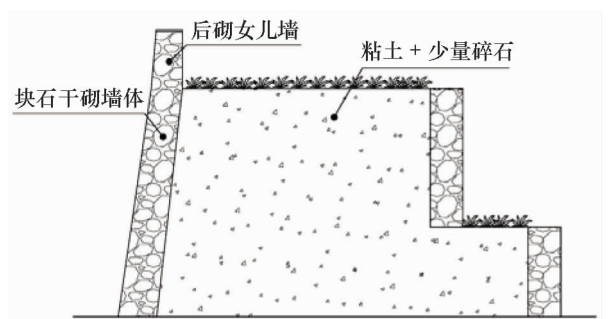


图 1 桃渚城东城门南侧城墙段构造示意图

Fig. 1 Section plan of the wall south of the east gate

收稿日期: 2013-09-14; 修回日期: 2014-07-07

基金资助: 浙江省文物保护科技项目资助(2012002); 国家科技支撑计划资助(2012BAK14B05)

作者简介: 崔彪(1986—), 男, 硕士, 2010年毕业于中国科学院大学科技史与科技考古系, 馆员, 研究方向为不可移动文物保护, E-mail: cuibiao@126.com

通讯作者: 张秉坚, 男, 教授/博导, 浙江大学文博系/化学系, E-mail: zhangbj@zju.edu.cn

2 桃渚城现存状况及病害机理分析

桃渚城至今已有五百多年的历史,在各种自然与人为因素的作用下,难免出多种残损状况。经过实地调查,桃渚城城墙目前比较严重的病害现象主要有三方面:一是局部垮塌,在东城门瓮城和东城门南侧各有一处垮塌点,均发生在城墙上部(图2a);二是包砌层向外鼓出,此现象较为

普遍,多分布于墙体中下部(图2b),以东城墙和南城墙的外侧墙体最为严重,部分鼓闪点经测量最大位移达20cm;三是城门拱券等处砌筑灰浆流失,使城门整体结构松散(图2c),三座瓮城的内外城门均出现了此现象,部分券石甚至已经断裂移位。这些病害严重威胁着桃渚城本体结构以及城内居民的安全,亟需整治修缮。



图2 桃渚城典型病害现象

Fig.2 Typical diseases of Taozhu city wall

通过对桃渚城构造特点以及现场情况的勘察分析,可以推测引起上述病害现象的原因主要有以下几点。

2.1 包砌层本身结构稳定性不足

桃渚城城墙的包砌层均为大小不等、形状不规则的块石干砌而成,缝隙较大,没有灰浆等胶凝材料,砌块之间无拉结作用,使得墙体整体强度较差,其形态完全靠自重和砌块间的摩擦力保持,加之高厚比非常大,极易发生形变、失稳。将包砌层视为挡土墙进行简化分析,其在垂直墙体的方向主要受内部填土重力产生的侧向压力。由土力学中静止土压力计算公式 $p_0 = K_0 \times \gamma \times z$ 及经验公式 $K_0 = 1 - \sin\varphi'$ 可知^[1],在土的有效内摩擦角 φ' 和土的重度 γ 不变的情况下,静止土压力大小 p_0 与土的深度 z 成正比,由挡土墙顶部至底部逐渐递增。而由于桃渚城外侧包砌层结构松散,故底部在受到填土产生的较大的侧向压力时容易向外鼓闪,这与在现场观察到的现象相吻合。

2.2 降雨以及排水不畅

桃渚城城墙顶部为裸露的填土,没有防水层和砖石铺装,后期砌筑的女儿墙以及内侧的包砌层亦没有排水沟、泄水孔等构造。桃渚镇处于东

南沿海亚热带季风区,雨量充沛,落在城墙顶部的雨水难以快速排出,加之填土未经夯实,结构较为松散,吸水性强,雨水大部分都渗入填土内部。对于城墙内部填土,可将其城墙外一侧视为一个坡角为 $75^\circ \sim 85^\circ$,高度为4米左右的均质土边坡。参考边坡稳定性分析中常用的摩擦圆法,可对其进行如下简单定性讨论^{[1]291-292}:从稳定安全系数公式 $F_H = \frac{Hc}{H} = \frac{N_s \times c}{\gamma \times H}$ 可以看出,该土坡的稳定安全系数 F_H (临界高度 Hc 与实际高度 H 之比) 与土的重度 γ 成反比,与土的粘聚力指标 c 、稳定因数 N_s 成正比;在摩擦圆法稳定因数表中, N_s 在坡角为已知定值的情况下与土的内摩擦角 φ 成正比;而降雨造成的内部填土含水率上升,会导致重度 γ 升高,粘聚力指标 c 和内摩擦角 φ 降低,故大大降低了该土坡的稳定安全系数。而土坡外侧的包砌层又难以发挥挡土墙的作用,因此大量降水之后较容易出现滑坡、垮塌的现象。同时,从前面所述静止土压力计算公式可以看出,含水率上升带来的重度 γ 升高和有效内摩擦角 φ' 降低也会增大包砌层所受的侧向土压力 p_0 ,进一步提高了墙体向外鼓闪的可能性。

2.3 拱券处砌筑工艺粗糙

桃渚城城门拱券采用并列式起券,是整个桃渚

城城墙唯一使用胶凝材料的部位,但至今灰浆已基本流失殆尽。之所以出现这种状况,一方面如前所述,城门顶部排水不畅导致雨水下渗,沿着券石之间的缝隙流出产生了冲刷作用;另一方面,拱券本身的砌筑工艺水平不高也加剧这种状况。首先,券石加工较为粗糙,每道券之间的缝隙较大,施浆不均匀;其次,从残留的少许灰浆来看,其强度较低,结构松散。为了研究灰浆的材料配方,经现场取样后由浙江大学文物保护材料实验室进行了检测分析,检测内容包括:X射线衍射成分分析(XRD),有机添加剂分析,碳酸钙含量测定等。通过化学法检测砂浆中的有机添加剂,没有发现淀粉、糖份、血料、油脂等常见传统有机添加材料,发现样品中含有一定的粘土成分。XRD图谱显示砂浆的主要物相是方解石(图3),化学成分为碳酸钙,几乎不见石英等其它成分,说明桃渚古城城门处所用胶凝材料为石灰,没有使用砂粒骨料。碳酸钙含量测定发现,灰浆样品中的碳酸钙含量约占80%,在10%稀盐酸酸解后也没有发现砂粒沉淀。综合实验结果可知,桃渚城所用的灰浆主要为石灰加粘土的二元配方,重量比约为4:1。中国传统建筑中所用的石灰为典型的气硬性胶凝材料,一般用于干燥环境,潮湿环境对其硬化有较大影响^[2]。为了增强灰浆在潮湿环境下的性能,古人常常在其中掺入有机成分,如钱塘江明清鱼鳞大石塘用的糯米灰浆,至今仍保留着较高的强度^[3]。现代的科学也证明了添加糯米浆、蛋清等有机成分能大幅提高灰浆的耐水浸泡性能^[4]。而桃渚城城门拱券处的灰浆并无任何有机强化成分,在长期的雨水下渗的冲刷以及带来的潮湿环境影响下难免大量流失,同时拱券上面的填土也被水从缝隙中带出,对拱券的整体结构强度造成了一定影响。

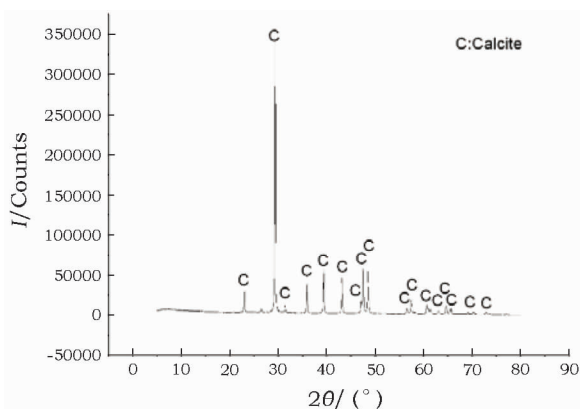


图3 拱券灰浆 XRD 分析结果

Fig. 3 XRD result of mortar between the arch stone

2.4 植物生长的影响 在桃渚城顶部的填土之上生长有较多植物,有的是自然生长,有的系人工绿化种植,其中不乏高大的乔木,有樟、楮、柏等。这些树木对城墙的损害,主要有以下几个方面:首先,根系的生长会对周边产生膨胀、挤压的作用,部分根系甚至会深入墙体缝隙,给本就不甚牢固的包砌层带来危险;其次,部分树木体量较大,严重增加了城墙的负荷;再次,桃渚位于台风多发地区,部分树冠较大的植物在台风作用下的摇摆会牵动其下部的墙体运动,加速城墙的破坏;此外,墙体表面块石缝隙中植物生长亦十分猖獗,部分根系发达的木本、藤本植物除了使块石松动、错位之外,对城墙的风貌外观也造成了一些负面的影响。植物生长对桃渚城破坏最为典型的例子就是东城门北侧城墙上的一株樟树,胸径近40cm,距包砌墙体仅不到1m,由于上述原因,已经引起了墙体的垮塌(图4)。



图4 樟树引起的城墙垮塌(东城门北侧)

Fig. 4 Collapse caused by camphor tree(north of the east gate)

3 桃渚城城墙保护策略初步探讨

对于桃渚城城墙现存的结构病害,常规的修缮措施主要是采用原工艺、原材料对垮塌的部位进行重砌,对鼓闪的部位进行摘砌和归安,对结构松散的拱券进行灌浆加固等。在常规修缮措施的基础上,针对桃渚城城墙的构造特点和病害成因对其进行一些预防性处理,可以有效地避免垮塌之类严重的残损病害的发生。从前面关于桃渚城城墙的病害状况和产生机理的探讨中可以看出,导致其产生病害的内因是桃渚城本身的构造缺陷——包砌层结构不稳定、拱券砌筑工艺粗糙、内部填土较为松散、无防水排水措施等;而降雨和植物生长等外部因素对病害的产生和发展起到了促进作用。考虑到文物保护原则有“不改变文物原状”和“最小干预”的要求,如何在减弱本体缺陷和外部因素的负面影响和遵循文物

保护原则之间取得平衡,成为了桃渚城保护的最大难点。借鉴国内若干已经实施的工程实例,桃渚城的保护可从以下几方面入手。

3.1 加强墙体的结构稳定性

桃渚城包砌层墙体结构薄弱是由其干砌的做法决定的,增强其结构稳定性的可行办法分析比较如下:一是灌浆、勾缝。这样的方法虽然有效,但对城墙的外观、材料、做法等文物信息扰动较大,不宜采用;二是增加包砌层的厚度,通过降低高厚比来提高其稳定性。该方法可在对已经垮塌的或者鼓闪严重的部位实施重砌的过程中采用,但也改变了文物原来的尺度,要慎重使用,并做好记录和区分原状的识别措施;第三,在块石包砌层与填土之间增加一层墙体,使其能够起到挡土墙的作用,代替原包砌层承受填土压力。如在1992年寿县古城墙的修缮工程中,在条石和砖砌外墙内部设置了一层混凝土和细骨料砌块石相结合的内墙,达到了城墙安全和风貌的统一^[5]。该措施的实施对文物本体的扰动巨大,适用于其他方法均不奏效的情况。在具体的设计和验算过程中,可参考现代挡土墙的相关规范^[6]。

对于鼓闪不严重的部位,可考虑采用锚杆加固的方法。如某古城墙采用的方法是埋设一根直径20mmFRP筋横穿墙体,两端加垫圈与外包砖部分锚固旋紧,起到防止外包砖外闪的作用^[7];荆州古城墙采用的方法是在土城垣内挖基坑,内面加设钢筋网,在基坑与墙面之间开基槽,将螺杆钢筋一端用螺栓加垫圈固定住墙体,另一端与基坑钢筋网固定,然后现浇成一个整体,将外闪的墙体牢牢锁住^[8]。前者的工程量和对城墙本体扰动较小,且更具有可逆性,但石砌墙体与砖砌墙体区别较大,其两端拉结墙体的细部结构需要重新设计。

对于城门拱券等重要建筑部位流失的灰浆,可采用改性的传统灰浆,如糯米灰浆等进行填缝灌浆^[9],其粘结强度、耐水性等相比原灰浆更好,这样既可加固城门拱券等,也防止了上面填土的流失。施工应当在城门顶部做好防水措施之后进行,前期应对灰浆的防水性能进行试验。填缝不宜全部封死,应当预留适当的渗水通道。

3.2 加固墙芯填土

桃渚城墙芯填土的抗剪强度不足,是出现垮塌现象的重要原因。由于原有的填土文物价值相对较低且位于隐蔽部位,因此可以考虑对其进行一些能够有效提高抗剪强度的加固、改性处理或者替换。如在襄阳古城墙保护工程中,回填的土优先选择浸水后可保持较大抗剪强度的土质,并掺入适量熟石

灰 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 或生石灰 CaO 以增加土中的钙离子,加快土体板结^[10];某古城墙采用的方法是对原城墙内筑土采用石灰浆液进行压力渗透加固处理,以达到提高原土体的物理力学性能的效果^[7]。此外,一些新材料新工艺,若经过试验和研究后能证明效果较好并对文物无害,也可以考虑使用。比如现代堤坝和挡土结构物中广泛使用的加筋土以及锚杆加固技术,在南京部分城墙段已经得到了应用^[11],具有较好的可逆性和可识别性。对保存现状较好的城墙段的填土,出于减少干预的考虑,可暂时保持原状。

3.3 增设墙顶防水措施

水在桃渚城的病害产生和发展过程中作用极大,因此构建有效的排水体系十分有必要。在明清砖石城墙上较为常见的排水做法一般是通过砖石铺装封闭表面使雨水难以直接下渗,设置一定的坡度将雨水汇集至檐部内侧的排水沟,然后导流至泄水孔排走。近年来在一些城墙修缮工程中,为了增强封闭效果,在砖石铺装层下还另加现代防水隔层,如南京城墙^[12]、广州城墙^[13]的部分城墙段。而桃渚城顶部为裸露的填土,风格粗犷、古朴,若采用顶部铺装和防水层封闭+排水明沟的方法,与整体风貌不符,有违文物保护原则;若参考现代挡土墙防排水设计^[14],在填土之下埋设隔水层+反滤层(反滤包)+泄水孔,虽对城墙外观影响较小,但工程量巨大,而且需要移除城墙顶部所有树木,对城墙的景观有一定的破坏。在上述常用的防排水措施不可行的情况下,可以考虑使用一些传统工艺和材料,如广东肇庆古城墙的城墙维修中采用桐油+黄土+石灰的混合材料来封护顶部来达到防水的效果^[15];山东岱安古城墙的保护中在顶部采用4:6灰土夯实,并掺泼糯米浆和白矾作为防水层^[16]。这种类似三合土的做法比较符合桃渚城的原风貌,工程量较小,但其防水效果和材料配方需要进行深入的研究和评估,经验明有效后方可投入使用。还有一种可行的方法是在填土下埋设具有坡度的防水卷材或防水板,上面覆盖一层原填土,覆土之上设置保护游览兼顾的木栈道,可消除游人踩踏对防水层的影响。

3.4 及时疏减威胁本体安全的植物

植物对桃渚城的作用有两个方面。一方面,已经成为整个桃渚城文化景观的一部分,增加了这座戍边古城的沧桑感,而且部分在城墙顶部和内侧坡面上生长的植物,其根系对原本松散的土体也有一定的固定作用;另一方面如前面所述,部分植物对城墙也产生了严重的破坏。为了兼顾文物安全和风貌的要求,对于城墙顶部距离包砌层较近的木本植物,

尤其是生长速度较快、树冠较大的树种,应当及时迁移;一些距离包砌层较远、生长速度慢、树冠较小的植物,可予以保留,如一些柏树、小型灌木等。此项工作可与城墙顶部防水处理结合进行。对于墙体缝隙中生长的植物应当定期检查,若发现有根系发达的木本和藤本植物,应当及时拔除。

4 结语

本工作对桃渚城出现的病害现象进行了调查和分析,针对病害产生的机理,结合其他城墙修缮的工程实例,对桃渚城的保护策略进行了探讨,旨在为桃渚城以后的保护修缮工作起到一定的借鉴参考作用。古城墙的保护是一项复杂的工作,不但涉及到建筑、结构、土木、材料、考古等多个学科,而且还要满足文物保护原则的要求,尽可能地保留原工艺、原材料,将历史信息的损失降到最低,并且还要考虑工程量、施工难度、成本等多个方面。因此,在设计解决方案时应当十分慎重,要对原状和现状进行充分的研究,对不同材料的效果进行对比,对结构稳定性进行验算,还要在小范围进行试验,对其保护效果,对文物的影响以及施工可操作性进行详细评估。由于桃渚城为全国重点文物保护单位,还应当按照法定的程序进行报批,在获得批准后方可实施。同时,古城墙的保护又是一项长期的工作,任何一种保护措施都不可能一劳永逸,日常保养维护的重要性不亚于抢救性的维修加固。有条件的话,应在桃渚城建立必要的监测体系,对城墙进行长期的、定量的观测,以便对其产生的变化、病害状况及时做出反应。

参考文献:

- [1] 胡中雄. 土力学与环境土工学[M]. 上海: 同济大学出版社, 1997: 307.
HU Zhong-xiong. Soil mechanics and environmental geotechnics [M]. Shanghai: Tongji University Press, 1997: 307.
- [2] 陈斌. 建筑材料[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2008: 4-5.
CHEN Bin. Construction materials [M]. Chongqing: Chongqing University Press, 2008: 4-5.
- [3] 余焕阳, 陈单. 钱塘江明清古海塘旅游资源的保护与开发[J]. 浙江水利科技, 2004, (4): 9-10.
YU Huan-yang, CHEN Dan. Protection and development of tourism resources of the ancient seawall of Qiantang river [J]. Zhejiang Hydrotech, 2004, (4): 9-10.
- [4] 曾余瑶, 张秉坚, 梁晓林. 传统建筑泥灰类加固材料的性能研究与机理探讨[J]. 文物保护与考古科学, 2008, (5): 1-7.
ZENG Yu-yao, ZHANG Bing-jian, LIANG Xiao-lin. Study on characteristics and consolidation mechanism of historical mortar materials [J]. Sci Conserv Archaeol, 2008, (5): 1-7.
- [5] 尹谊, 谢永生. 寿县古城墙的加固与维修[J]. 治淮, 1994, (11): 15-16.
YIN Yi, XIE Yong-sheng. Reinforcement and restoration of ancient city wall of Shouxian county [J]. Governance Huaihe River, 1994, (11): 15-16.
- [6] SL379-2007. 水工挡土墙设计规范[S]. 北京: 中华人民共和国水利部, 2007.
SL379-2007. Design specification for hydraulic retaining wall [S]. Beijing: Chinese Ministry of Water Resources, 2007.
- [7] 陈李锋. 某古城墙安全评估及加固设计[J]. 福建建设科技, 2011, (2): 28-31.
CHEN Li-feng. Safety assessment and strengthening design of an ancient city wall [J]. Fujian Constr Sci Technol, 2011, (2): 28-31.
- [8] 王新生. 古城墙修缮技术及运用初探[J]. 古建园林技术, 2004, (1): 20-22.
WANG Xin-sheng. Study on the ancient city wall repair technology and application [J]. Trad Chin Archit Gard, 2004, (1): 20-22.
- [9] YANG Fu-wei, ZHANG Bing-jian, MA Qing-lin. Study of sticky rice-lime mortar technology for the restoration of historical masonry construction [J]. Acc Chem Res, 2010, 43(6): 936-944.
- [10] 聂维中, 张平乐, 郭声波, 等. 影响城墙结构性能的因素及其对策[J]. 襄樊学院学报, 2007, (11): 66-69.
NIE Wei-zhong, ZHANG Ping-le, GUO Sheng-bo, et al. Factors affecting ancient city wall: a case study of Xiangyang ancient city wall [J]. J Xiangfan Univ, 2007, (11): 66-69.
- [11] 杨明. 浅谈南京城墙的维修与加固[J]. 建筑结构, 2010, (6): 291-294.
YANG Ming. Discussing the maintenance and strengthening of Nanjing city wall [J]. Build Struct, 2010, (6): 291-294.
- [12] 马俊. 南京狮子山段损伤城墙的加固对策研究[J]. 文物保护与考古科学, 2011, (4): 71-75.
MA Jun. Reinforcement of damaged Shizi mountain part of the Nanjing city wall [J]. Sci Conserv Archaeol, 2011, (4): 71-75.
- [13] 邹歆. 广州古城墙(越秀山段)保护初探[D]. 华南理工大学硕士学位论文, 2011: 71-72.
ZOU Xin. Discussion on the protection of Guangzhou city wall on Yuexiu hill [D]. Dissertation of Master Degree of South China University of Technology, 2011: 71-72.
- [14] 陈忠达. 公路挡土墙设计与施工及国家标准图集实施手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2008.
CHEN Zhong-da. Manual of highway retaining wall design and construction and the national standard atlas [M]. Beijing: Renmin Jiaotong Press, 2008.
- [15] 付晓渝, 鲁京慧. 肇庆古城墙的保护和维修[J]. 山西建筑, 2007, (4): 22-23.
FU Xiao-yu, LU Jing-hui. Protection and servicing of the ancient city walls in Zhaoqing [J]. Shanxi Archit, 2007, (4): 22-23.
- [16] 赵祥明. 泰安岱庙古城墙的历史演变与科学保护[J]. 古建园林技术, 2008, (4): 57-60.
ZHAO Xiang-ming. Historical evolution and scientific protection of the ancient city wall in Tai'an Dai temple [J]. Trad Chin Archit Gard, 2008, (4): 57-60.

Preliminary investigation of damage to the Taozhu city wall and discussion of a strategy for its protection

CUI Biao¹, FU Zheng-rong¹, LIU Xiao-bin², LIANG Li-jun³, ZHANG Bing-jian²

(1. Zhejiang Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, Hangzhou 310014, China;

2. Department of Cultural Relics and Museology, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

3. Linhai Cultural Relic Management Station, Linhai 317000, China)

Abstract: The Taozhu city wall, built in the Ming dynasty, is the most completely preserved ancient garrison city wall in Zhejiang, and is a key unit of the protected national cultural relics. Investigation of the current status of the wall shows that major types of damage include partial collapse, bloating, and mortar erosion. The internal causes are structural strength defects and the lack of a waterproofing system; the external factors are rain and plant growth. These problems are common in the southeast coastal areas of China. Based on these factors, the characteristics of the wall and a review of protective measures use for other ancient city walls, a preliminary protection plan is presented for the Taozhu city wall. Our investigation can be used as a reference for protective measures at other sites.

Key words: Taozhu city wall; Ancient city wall; Disease; Protection strategy

(责任编辑 潘小伦)

· 科技信息 ·

伊斯兰白釉陶溯源研究

一般认为,伊斯兰白釉陶开始繁荣的时间,是公元9世纪阿巴斯王朝时期,由于中国陶瓷进口白瓷的刺激,其需求量及产量都大幅的增长。而奥利弗·沃森(Oliver Watson)提出,伊斯兰白釉陶的兴起源于公元8世纪的埃及和叙利亚。当时,阿拉伯军队的到来摧毁了当地红泥釉陶器的窑址,使得地中海东部的陶器供给出现枯竭。为填补空白,埃及和叙利亚陶艺便随之发展,并出现了玻璃釉陶。伊斯兰釉陶常用的黄、绿釉装饰最早出现在埃及,然后是叙利亚,从而传遍美索不达米亚。为公元9世纪阿巴斯王朝锡白釉陶的出现奠定了基础。

为了验证这一假设,作者对一批分别来自埃及(公元7世纪晚期和8世纪)及叙利亚(公元8世纪下半叶)釉陶碎片进行分析。主要采用SEM-EDS、双目显微镜和XRD、手持式XRF或PIXE对样品釉、乳浊剂颗粒、胎体进行成分、表面分析。并同来自萨迈拉、基什、苏萨遗址的样品作对比。

结果表明,黄釉是由高铅釉中的锡酸铅颗粒造成的,可能是在坯体上使用了铅-氧化硅-锡的混合物再烧制而成。萨迈拉、基什、苏萨的样品也具有类似特征。拜占庭玻璃制造使用锡酸铅作为黄色乳浊剂来制造罗马马赛克玻璃等产品,当时的伊斯兰工匠可能沿用此技术传统,之后该技术从地中海向美索不达米亚地区传播。绿釉则使用了铅-氧化硅混合物,并添加氧化铜呈色。

研究发现,若锡酸铅黄釉加热过度,会发生向氧化锡和氧化铅的相变转化。不过,其中氧化锡含量和所产生釉的厚度可能无法形成完全不透明的锡白釉。所以,这不足以说明黄色釉陶的传入为锡白釉陶提供了技术环境。更重要的是,黄釉和锡白釉成分组成截然不同-黄釉为高铅釉,而锡白釉含铅低,说明这两种技术应该属于不同的制造源流。另外,有证据表明,约公元9-10世纪,埃及的黄釉产生了由使用锡酸铅到锑酸铅的转变。

对于上述问题还需要进一步研究分析。

顾雯 参考文献《Journal of Archaeological Science》, 57(2015):80-91