

# 周王城天子驾六博物馆分馆车马陪葬坑 主要病害及成因分析

姚雪 赵凡 孙满利 姚赞博

(西北大学 文化遗产学院, 陕西 西安 710069)

[摘要]周王城天子驾六博物馆分馆展陈的车马陪葬坑自2006年发掘以来尚未进行过病害调查。本文在收集现有环境数据的基础上,结合室内试验分析得出该遗址土体的主要病害是淘蚀、表面风化,遗址内文物的主要病害为有机质文物的表面风化。经对其病害成因分析,得出影响遗址保存的主要原因是土体可溶盐含量大,环境温、湿度差异大以及地下水毛细水的作用。

[关键词]车马陪葬坑;病害调查;环境数据;遗址保存

[中图分类号]G264 [文献标识码]A [文章编号]1005-3115(2012)16-0109-04

2006年3~6月,洛阳市文物工作队在唐宫路发现一座小型车马坑,车马坑东西长4.8米,南北长13.5米,深约2米,共有两架车,每架车配有四匹马。根据其型制和位置判断应属周天子的车马陪葬坑,清理发掘后建成天子驾六博物馆分馆。该遗址位于城区中心,距遗址东南约20米为唐宫西路,是洛阳市的一条主干道,车流量大,遗址东北方向紧邻唐宫路小学的化粪池,因此,遗址受地面车辆震动及地下水的影响很大。博物馆现有除湿机两台,时至雨季也并未开启,遗址内散落有已经饱水的硅胶干燥剂,车马坑内外放置有温、湿度计,由工作人员在每天记录环境温、湿度。遗址自发掘以来没有采取过保护措施,环境监测及控制手段也非常落后,已经不能满足文物保护的需求。经过两年时间运行,目前馆内文物保存状况较差,车马坑坑壁严重风化,土质非常疏松,底部有风化产物堆积。本文在收集现有环境数据的基础上对天子驾六车马坑遗址本体及有机质文物进行病害研究及成因分析,并针对其所处环境提出环境监测及管理建议。

## 一、馆内温、湿度环境分析

工作人员分别在车马坑的底部和展厅内放置温、湿度仪监测遗址和展厅的环境变化(分别为测点1和测点2),记录三个时间点的温、湿度。由于数据记录间断且缺少每天晚6点至次日早8点的环境数据,因此,拟采用每天中午12点的温、湿度值来代表该遗址当天的环境特征。

根据对各测点的温、湿度极值比较可以得出,温、湿度的极大值与极小值差距不大,以2011年4月15日为例,见图1、图2。从图中可以看出,当日测点1温度的极值差为1.2℃,湿度极值差为0,测点2温度的极值差为0.8℃,湿度极值差为3%。这说明遗址内的日差值较小。

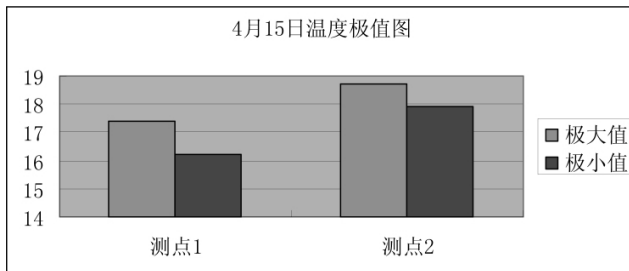


图1 2011年4月15日温度极值图

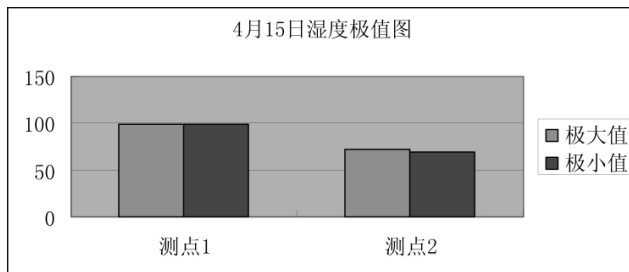


图2 2011年4月15日湿度极值图

## (一)馆内湿度变化图

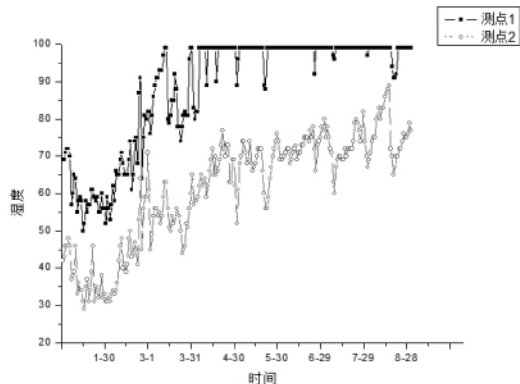


图3 遗址内外湿度变化图(1~8月)

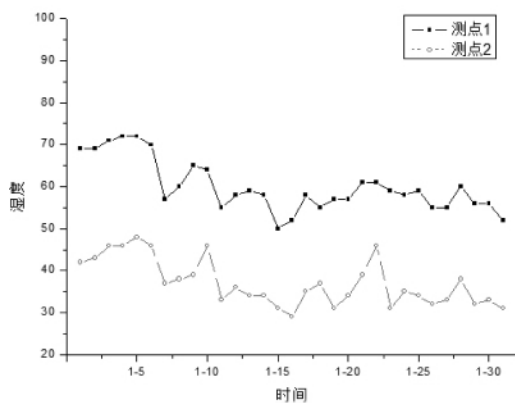


图4 冬季湿度变化图(1月)

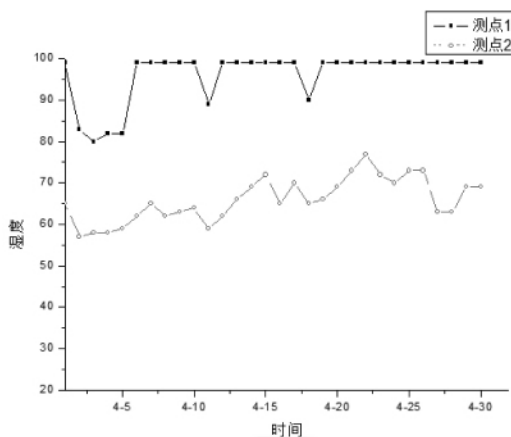


图5 春季湿度变化图(4月)

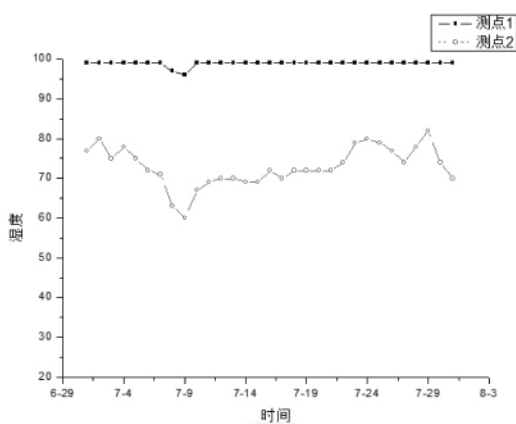


图6 夏季湿度变化图(7月)

从图3可以看出,该遗址环境湿度的年度变化特征,测点1与测点2相对湿度的变化趋势基本一致,冬季相对湿度较低,春季气温回暖,降雨增多,湿度逐渐增大,至夏季相对湿度增大并且保持稳定。其中,测点1的相对湿度明显高于测点2,这说明遗址内部的湿度受地下毛细水影响远大于空气湿度。通过对图4、图5分析可以看出,冬季,展厅内相对湿度约在30%~40%左右,相对较干燥,春季则维持在60%~75%左右,夏季相对湿度在65%~80%之间,展厅内的相对湿度和外界空气相对湿度的变化密切

相关;然而,遗址内的湿度即使是在相对干燥的冬季也达到70%左右,自4月上旬开始,随着降雨增多,地下毛细水位上升,遗址内部湿度升至99%,并且一直保持直到夏季结束。因此,季节性湿度差异和地下毛细水所致的遗址内部长期高湿是导致遗址产生病害的原因。

## (二)馆内温度变化图

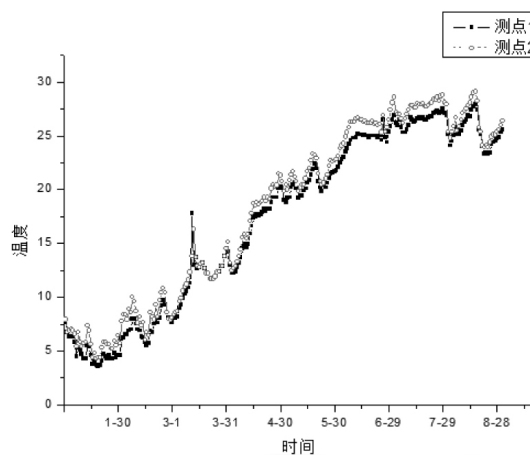


图7 遗址内外温度变化图(1~8月)

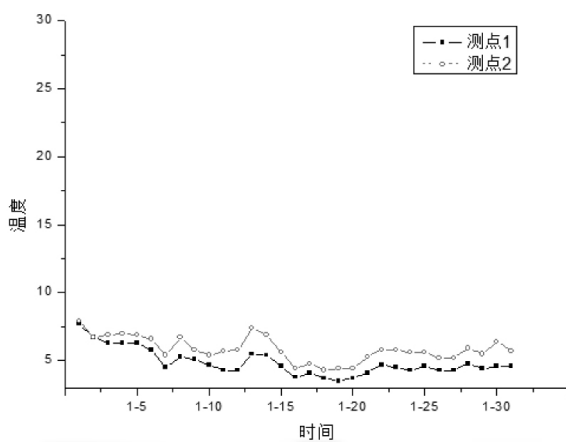


图8 冬季温度变化图(1月)

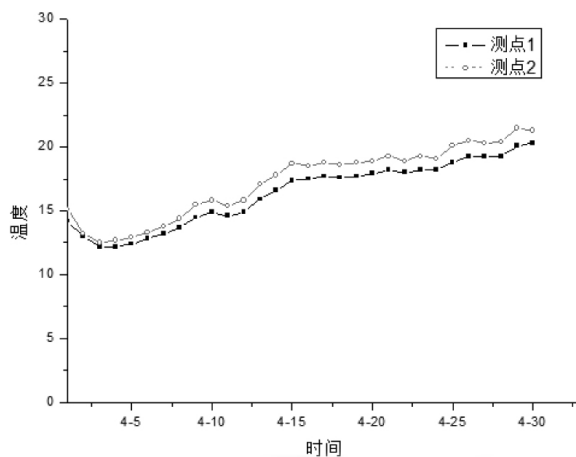


图9 春季温度变化图(4月)

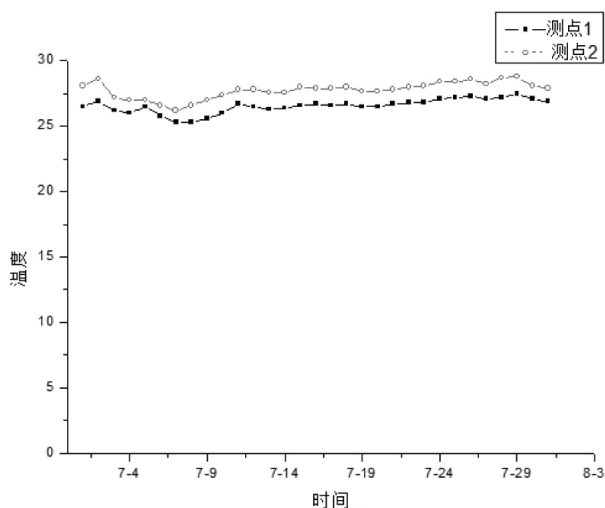


图 10 夏季温度变化图(7月)

从图 7 可以看出,该遗址温度的年度变化特征,测点 1 与测点 2 的变化趋势一致,基本符合该地区冬季气温低,春季回暖,气温升高,夏季高温的气候特征,测点间的温差较小约在 3~5℃之间。冬季气温低,温度在 3~5℃左右,春季气温回暖,温度上升至 10℃以上,至 4 月下旬温度升至 20℃左右,夏季温度明显升高但保持稳定,基本保持在 25~28℃左右。总体看来,该遗址因缺少温度调节设施,因此温度季节性差异明显。

由以上分析,我们可以得出分馆车马陪葬坑的室内环境特点:冬季低温,夏季高温高湿,季节差异性大;遗址内湿度常年维持在 50%以上,整体环境相对潮湿;遗址坑内与馆内环境存在较大湿度差。

## 二、主要病害及成因分析

经过现场调查,天子驾六分馆车马坑土体病害主要有片状剥蚀、淘蚀,遗迹病害主要是有机质文物的表面风化。

### (一)片状剥蚀

该遗址的片状剥蚀多出现在遗址坑壁边缘,车马坑坑壁可以清晰地看见白色的可溶盐结晶析出,这些盐颗粒分布在小型的卸荷裂隙中,加速裂隙发育,在外力的轻微作用下,土体脱落就会引起片状剥蚀。在车马坑壁上分

布着大量由于可溶盐结晶引起的片状剥蚀区域,该区域土体土质疏松,在轻微外力的作用下就会呈粉末状脱落。

我们在车马坑风化严重的区域采集坑壁风化物进行易溶盐分析,根据分析结果(见表 1)可以得出风化产物呈碱性,可溶盐总含量大,其中阴离子主要以  $\text{SO}_4^{2-}$  含量最高,其次是  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  推测和空气中的污染物  $\text{SO}_2$  有关,  $\text{Cl}^-$  来自于地下水;阳离子以  $\text{Ca}^{2+}$  和碱金属含量较高。

遗址土中的易溶盐以硫酸盐和氯化物为主,这两种盐的溶解度随环境温、湿度变化很大。馆内环境随着每天工作人员的上下班和游人流量的变化存在着昼夜差,白天工作时间,空调运行调节气温,缓解由于游客量大带来的温度升高,而由于馆内没有湿度控制设备,因此,遗址长期处于高湿状态。土体内部的可溶盐溶解,夜间温度降低,可溶盐的溶解度降低重结晶,形成白色盐析物,这些白色盐析物分布在小型的卸荷裂隙内就会逐渐加速这些裂隙的发育,在外界轻微震动下,小型危险块体脱离本体形成坍塌,部分土体形成片状剥蚀,造成土体表面风化。

### (二)淘蚀

该遗址淘蚀多出现在车马坑坑壁的底部,淘蚀脱落的土体落在坑壁底部形成风化物,露出的新鲜土体颜色较深,可以明显看出白色可溶盐结晶。

遗址底部与地下相连接,并没有采取有效的防水、阻水措施,地下水的毛细作用使土体内部可溶盐溶解,季节性湿度差异加速了可溶盐的溶解结晶,破坏土粒间的粘结力,导致坑壁底部土体风化、塌陷,形成酥碱淘蚀。由于毛细水的运移作用有限,坑壁上部土体受毛细水的影响较小,因此,坑壁底部是酥碱淘蚀最严重的区域。

### (三)有机质文物的表面风化

车马坑内的车和马骨遗迹已经丧失力学强度,完全附着在周围土体上,木质已经全部槽朽,仅仅依靠分子吸附力维持原有形制,轻微震动就可引起脱落,马骨也已经出现鳞片状起甲、开裂。

我们采集马骨上的风化产物进行矿物成分分析,分析结果见表 2。

表 1 土体易溶盐成分表

试样 编号	PH 值	阴离子含量(mg/kg)				阳离子含量(mg/kg)				易溶盐总量 (mg/kg)
		$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+ \text{K}^+$	$\text{NH}_4^+$	
坑壁风化物	7.74	0	152.6	7084.4	2659.3	1853.7	364.7	2460.0	0	14677.1
占总含量的百分比%										
		0	0.015	0.708	0.266	0.185	0.036	0.246	0	

表 2 风化物矿物成分表

样品名称	矿物成分	石英	斜长石	钾长石	方解石	铁白云石	石膏	伊利石	绿泥石
灰尘	含量 ( ) /10 <sup>-2</sup>	32.6	11.8	0.2	2.8	/	47.6	3.0	2.0

从表 2 可以看出,样品中石膏含量最大,占总量的 47.6%,其次是石英占 32.6%,石英是土的主要组成成分,理化性质较稳定,石膏的主要成分是  $\text{CaSO}_4$ ,通常含有 2 个结晶水,在外界环境温、湿度变化的情况下会缓慢发生  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  及其逆反应,释放出的水分子改变了有机质文物的微环境。结论:有机质文物表面灰尘中的石膏由于环境湿度的变化不断地吸附释放结晶水导致文物微环境改变是引起骨制品和木制品风化开裂的主要原因。

有机质文物的保存一般要求尽量恒温恒湿,其中温度要求在 16~17℃,相对湿度 50%~65%,正负不超过 2%。然而通过收集环境数据我们可以看出,馆内环境长期处于高湿状态,夏季相对湿度通常在 90%以上,高温、高湿的条件加速了化学反应,本身就不利于有机质文物的保存;另外,馆内环境存在季节性差异,温、湿度周期性的反复变化加速了有机质文物的老化。遗址内的骨制品埋藏地下千年,其中的骨胶原成分早已流失,骨质已经失去原有的韧性,脆弱不堪。然而,在原址保存的条件下,馆内温、湿度的周期性变化使得骨制品反复吸水膨胀,失水收缩,重复多次,骨制品表面出现开裂、鳞片状起甲。另外,灰尘中含有大量硫酸钙,在外界环境温、湿度变化的情况下会缓慢发生  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  及其逆反应,释放出的水分子改变了有机质文物的微环境,最终使有机质文物完全丧失力学强度,仅仅依靠与周围土粒的分子间吸引力维持其原有形制。

### 三、结论及建议

天子驾六分馆车马坑的赋存环境有以下特点:遗址一年中大部分时间处于高湿状态,温、湿度季节性差异大。导致遗址内部长期处于高湿状态的原因主要有:地下毛细水导致的遗址内部湿度增大;车马坑内空气不流通,空气湿度变化及地下毛细水上升造成土体小环境温、湿度呈周期性变化。

通过对土体风化产物进行分析,可以得出以下结论:土体中可溶盐含量较大,主要为硫酸盐和氯化物,可溶盐的溶解结晶是造成遗址病害的主要原因;空气中的灰尘中含有大量硫酸钙,硫酸钙由于环境湿度的变化不断地吸附释放结晶水导致文物微环境改变是引起骨制品和木制品风化开裂的主要原因。

本次调查的车马坑土遗址本体病害发育缓慢暂时不影响其稳定性,因此,本着文物保护少干预的原则对其进行环境调控,控制其发育即可,对部分已经坍塌的土体可以采取土坯砌筑的方法进行修复。

该遗址环境控制及监测手段落后,遗址内外分别设置温、湿度仪,工作人员仅记录上班时遗址的环境变化情况,馆内有两台除湿机,调查时正值雨季但并未开启除湿功能,遗址内散落有硅胶干燥剂除湿。针对该遗址温、湿度大,空气中  $\text{SO}_2$  含量大的特点,建议采用智能环境监测系统监测馆内温、湿度、有害气体、二氧化碳的变化情况,同时增加环境调控设备,例如除湿机、空调,在出入口设置风林,净化空气。培养工作人员的文物保护意识,加强管理,避免管理不善造成的人为破坏。

### [参考文献]

- [1]潘海民,郑卫.河南洛阳市唐宫路战国车马坑[J].考古,2007(12).
- [2]杨雅媚,曹军骥等.汉阳陵地下博物馆土壤、大气及风化壳的理化特征[J].中国粉体技术,2009,(2):38~45.
- [3]王静,闫增峰.土遗址博物馆室内热湿环境测试与分析[J].建筑科学,2010,(8):27~31.
- [4]孙霄.论半坡遗址的保护现状与治理[J].中国博物馆,1990,(3):52~57.
- [5]孙满利,李最雄,王旭东等.干旱区土遗址病害的分类研究[J].工程地质学报,2007(6):772~778.
- [6]郭宏.文物保存环境概论[M].北京:科学出版社,2001.31~32.