

良渚古城老虎岭遗址保护风险分析及对策

姜楠¹, 黄文晶¹, 韩烨青², 王秋兵³, 郭青岭⁴, 孔梦悦⁴, 潘皎^{2*}

¹中国科学院沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳

²南开大学生命科学学院微生物学系, 天津

³沈阳农业大学土地与环境学院, 辽宁 沈阳

⁴杭州良渚古城遗址世界遗产监测管理中心, 浙江 杭州

Email: *panjiaonk@nankai.edu.cn

收稿日期: 2021年1月15日; 录用日期: 2021年2月17日; 发布日期: 2021年2月25日

摘要

2019年7月, 中国良渚古城遗址被成功列入《世界遗产名录》。作为实证中华五千年文明史的圣地, 对良渚古城遗址的保护也提出了更高标准的要求。良渚古城遗址属南方潮湿环境, 自然消亡速度更快, 风险类型更为复杂。本研究以良渚老虎岭遗址为研究对象, 对其保护风险进行分析。发现主要风险为孔洞、击溅、细沟与冲沟等雨蚀, 以及植物与微生物的影响。且风险呈互促性, 特别是地下径流对孔洞的扩容性冲沟破坏, 植物与微生物对地表径流作用的加强, 沟洞处更利于植物与微生物的生长等都是特别值得关注的问题。并针对保护棚、排水沟等硬件设备改善以及动物植物微生物等生命体防控提出对策。

关键词

孔洞, 雨蚀, 地表径流, 地下径流, 互促性

Risks and Proposals of the Conservation of Laohuling Site from Archaeological Ruins of Liangzhu City

Nan Jiang¹, Wenjing Huang¹, Yeqing Han², Qiubing Wang³, Qingling Guo⁴, Mengyue Kong⁴, Jiao Pan^{2*}

¹Shenyang Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang Liaoning

²Department of Microbiology, College of Life Sciences, Nankai University, Tianjin

³School of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang Liaoning

⁴World Heritage Monitoring and Management Center, Archaeological Ruins of Liangzhu City, Hangzhou Zhejiang

Email: *panjiaonk@nankai.edu.cn

*通讯作者。

文章引用: 姜楠, 黄文晶, 韩烨青, 王秋兵, 郭青岭, 孔梦悦, 潘皎. 良渚古城老虎岭遗址保护风险分析及对策[J]. 世界生态学, 2021, 10(1): 123-128. DOI: 10.12677/ije.2021.101013

Abstract

Archaeological Ruins of Liangzhu City in China were inscribed on UNESCO's World Heritage List in July 2019. As the holy land of the 5000-year history of Chinese civilization, Archaeological Ruins of Liangzhu City require stricter conservation. The ruins are located in humid environments, resulting in much quicker eroding and more complicated risks. This study focused on analyzing the risks of the conservation of Laohuling Site. The risks included holes, splash detachment of raindrops, shallow ridges, erosion channels, as well as plants and microorganisms. In addition, the risks helped each other forward. Especially, underground runoff enlarged the holes, plants and microbes strengthened the effects of surface runoff, and the holes and channels benefited the growth of plants and microorganisms. Finally, improvements of rainshed, impervious geomembrane and drainage ditch as well as effective controls of organisms, including animals, plants and microbes, were proposed.

Keywords

Holes, Rain Erosion, Surface Runoff, Underground Runoff, Mutual Promotion

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

良渚古城遗址位于浙江省杭州市余杭区，是目前已知中国最大的史前城址，是良渚文化进入文明阶段的有力证据[1] [2]。良渚古城的外围分布着大型水利设施，是同时期世界上规模最大的水坝系统[3]。水坝分为谷口高坝区和平原低坝 - 山前长堤区两道防护体系，高坝主要建在山与山之间的谷口，具有拦蓄水的作用[3]。老虎岭遗址是人工修筑的水坝，位于谷口高坝区，呈西北 - 东南向，坝体长约 50 米，坝身高约 15 米。经鉴定，坝体修建于公元前 3100~3000 年，属于良渚文化早中期[3]，具有极高的历史与科学价值。

良渚古城遗址是典型的土遗址，处于亚热带季风区，夏季炎热湿润，冬季寒冷干燥，导致土体频繁经历干湿交替等过程，自然消亡速度更快。复杂恶劣的自然环境，也给土遗址保护带来巨大的困难。然而，相较于干旱、半干旱地区土遗址保护长期且有效的技术支撑[4] [5]，潮湿环境下土遗址保护研究较少，且主要集中在保护材料与潮湿环境的探索[6] [7]。目前，关于潮湿土遗址尚未形成统一的规范，仍是文化遗产保存与展示领域中亟待解决的问题[8]。对土遗址保护风险现状的分析，是土遗址合理保护的基本前提[9]。本研究对老虎岭坝体保护中存在的风险进行定性与定量的阐述，为良渚外围水利系统土遗址的保护方案制订提供了可靠的理论依据。

2. 结果与讨论

考古发掘结束后，杭州良渚遗址管理区管理委员会对老虎岭遗址及时设置了保护棚、排水沟等保护措施(图 1)，选用短根植被白三叶草进行标识展示。这些措施对老虎岭遗址起到了一定的保护作用。但随

着时间推移，保护风险问题逐渐显现，主要体现在以下三个方面：

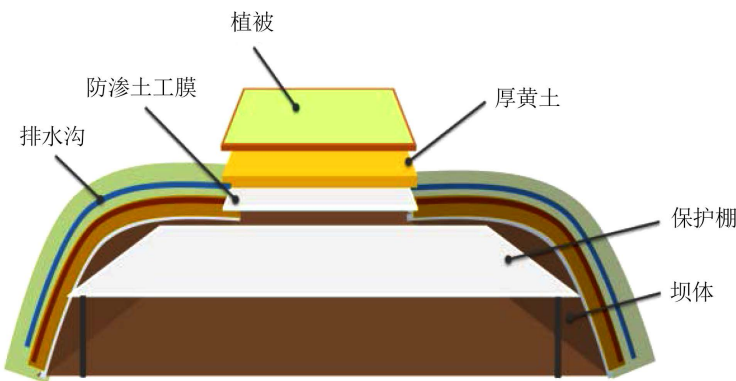


Figure 1. Diagram of protection engineering for Laohuling Site
图 1. 老虎岭遗址保护工程示意图

2.1. 孔洞

老虎岭遗址本体剖面蛇、鼠、虫等动物的洞穴分布较为密集。如东侧可见六个直径约 5~10 cm 孔洞，此外还密集分布着直径仅 1~2 cm、甚至更小的孔洞(图 2)。这些孔洞不仅会直接破坏遗址的稳定性，也为冲沟等雨蚀风险提供“温床”。



Figure 2. Holes of Laohuling Site. White and yellow arrows indicate 5~10 cm and 1~2 cm or less holes, respectively
图 2. 老虎岭遗址孔洞。白色与黄色箭头分别表示 5~10 cm、1~2 cm 及更小孔洞

2.2. 雨蚀

杭州属于典型的潮湿区，年降水量约 1400 毫米。雨滴着地的动能对土遗址的冲击会导致表面土体的

分离与流失[8]。老虎岭遗址的保护措施在一定程度上避免了降雨对坝体剖面以及上表面的直接破坏。然而，保护棚和遗址本体的交接处以及棚梁的节点均存在雨水集中滴落的现象，对坝体造成局部击溅侵蚀的损害(图 3(a))。图 3(a)中可见最小间隔约 60 cm、最大间隔约 1.6 m 的类圆形坑，坑的直径约 2~5 cm、深浅约 1~5 cm 不等，为土壤中细小土粒随雨滴溅散开造成。此外，受地表与地下径流的影响，冲沟、侵蚀等现象明显，具体分析如下：

1) 细沟：随着降雨时间的延长，土壤表层水分逐渐饱和，呈泥浆状后，会堵塞土壤孔隙，促使地表径流的产生[10]。即表层水沿着坡面漫流，产生细沟(图 3(a)、图 3(b))。如图 3(a)，坝体地面上击溅侵蚀形成的坑被雨水蓄满后，会沿坡漫流，形成细沟。此外，图 3(b)中，可见自坝体顶端而下、间隔约 1~2 m 分布的细沟，沟宽约 2~3 cm、深约 2 cm、长约 2 m。



Figure 3. Erosion by splash detachment of raindrops and surface runoff at Laohuling Site. (a) The effects of the temporary rainshed. Black and yellow arrows indicate puddles caused by splash detachment of raindrops and shallow ridges caused by surface runoff, respectively. (b) Shallow ridges of Laohuling Site, showed by yellow arrows

图 3. 雨水击溅与地表径流对老虎岭遗址的侵蚀作用。(a) 保护棚顶对地表土体的影响。其中黑色与黄色箭头分别表示雨水击溅作用产生的坑以及地表径流作用产生的细沟。(b) 老虎岭遗址的细沟，以黄色箭头表示

2) 冲沟：降雨渗入土壤达到饱和后，多余的重力水继续下渗，形成地下径流。当遇到渗透率相对较小的土壤层后蓄积，或沿界面坡向流动(图 4(a))，或随坝体孔洞直接冲出(图 4(b))。图 4(a)中可见宽约 50 cm，延伸至地面的坡向冲沟。图 4(b)中坝体剖面自孔洞至地面的破坏，最大两处宽约 30 和 50 cm，且地表亦可见宽约 10~20 cm、深约 15 cm、长达 3~5 m 的冲沟。由此可见，最小阻力原理控制下的地下径流

的侵蚀扩容作用[11]对老虎岭遗址的破坏较大。

3) 侵蚀：由于水的毛细作用，在墙体析出可溶性盐，加速遗址的破坏。图 4(c)中可见长约 5 m、高约 3 m、最深处可达 0.5 m 的侵蚀槽。

4) 地下水渗出：图 4(c)中遗址坡底部呈潮湿状态，渗出的水体不断对遗址侵蚀，导致遗址损坏。

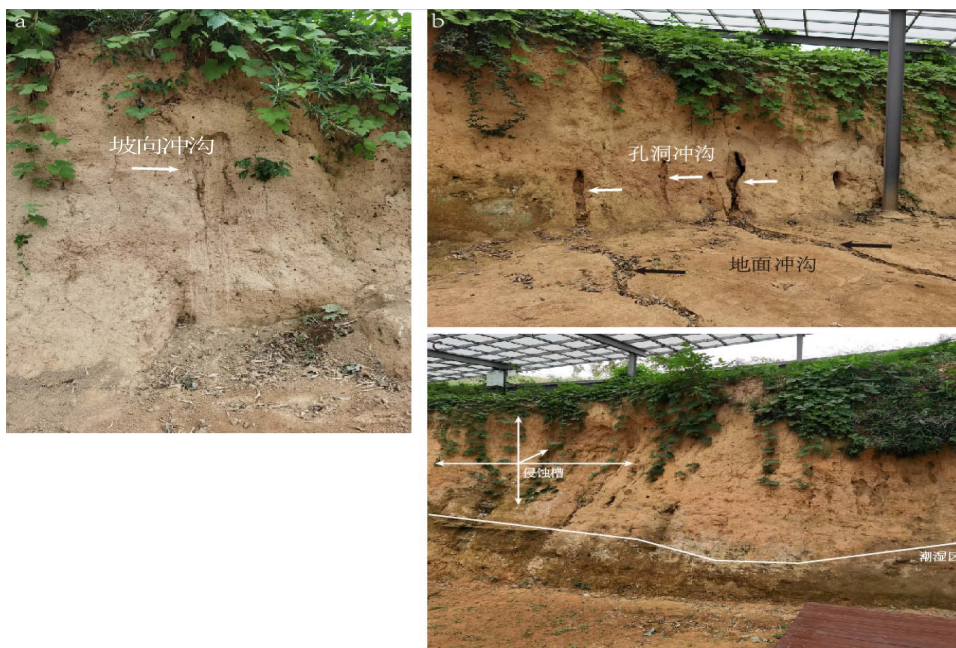


Figure 4. Rain erosion in Laohuling Site. (a) Slope flow of underground runoff; (b) Underground runoff from holes; (c) Erosion channel and underground discharge belt

图 4. 雨蚀对老虎岭遗址的危害。(a) 地下径流的坡向流动；(b) 地下径流从孔洞冲出；(c) 侵蚀槽以及地下渗水潮湿区

2.3. 植物与微生物

潮湿环境的温湿度更利于植物与微生物的生长，从而可能加速对土遗址的破坏。图 3 中的坑与浅沟，图 4(c)中的侵蚀槽、地下水渗出的潮湿区域均存在藤本植物、苔藓或地衣的生长。首先，植物能通过增加土体表面的光滑度起到引流的作用，从而加速地表径流造成的危害。另外，植物的生长代谢会消耗土体的矿物、有机质等，同时还可能分泌酸性物质，加速对土体稳定性的破坏。

此外还需要指出，图 3 中的冲沟以及侵蚀槽中均可见大量的植物凋落物。凋落物可以维持土壤温度及含水量的稳定性，为微生物的生长提供物质与能量，从而改变土遗址的土体微环境[12]。

3. 结语

整体来看，老虎岭遗址保护风险呈非独立性、互促性。根据现有保护风险分析结果，初步对策如下：

- 1) 应根据降雨量提升保护设施，避免雨水蓄积后滴溅对土体的破坏。
- 2) 要充分考虑地表与地下径流的负效应，尽量阻隔水向坝体剖面的漫流以及坡向流动的冲沟作用。
- 3) 在不破坏遗址的情况下加深加宽加固排水沟，起到更好的引流作用。
- 4) 选择合适的植物进行种植[13]，并及时进行修剪处理，控制生长位置，减少对遗址造成直接与间接的破坏。
- 5) 尽可能减少动物的活动，以减少孔洞自身以及地下径流造成冲沟等后续的严重破坏。

6) 控制微生物的生长, 包括控制环境温度与湿度, 及时清理植物的凋落物等。

参考文献

- [1] Liu, B., Wang, N.Y., Chen, M.H., *et al.* (2017) Earliest Hydraulic Enterprise in China, 5,100 Years Ago. *Proc Natl Acad Sci USA*, **114**, 13637-13642. <https://doi.org/10.1073/pnas.1710516114>
- [2] 周苏. 良渚古城遗址保护管理实践概述[J]. 自然与文化遗产研究, 2020, 5(3): 36-46.
- [3] 王宁远. 比三个西湖还大的史前巨作——良渚古城外围水利系统发现纪实[J]. 杭州(周刊), 2019(26): 26-31.
- [4] 王旭东. 中国干旱环境中土遗址保护关键技术研究新进展[J]. 敦煌研究, 2008(6): 6-12+114.
- [5] 张景科, 王南, 樊孟, 等. 烧料礞石改性遗址土裂隙注浆材料龄期性能试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2018, 37(1): 220-229.
- [6] 徐燕祎, 王思嘉, 张秉坚, 等. 遗址博物馆土遗址病害调查与成因分析——以萧山跨湖桥遗址博物馆为例[J]. 文物保护与考古科学, 2018, 30(1): 53-62.
- [7] 周环, 张秉坚, 陈港泉, 等. 潮湿环境下古代土遗址的原位保护加固研究[J]. 岩土力学, 2008, 29(4): 954-962.
- [8] 张虎元, 李敏, 王旭东, 等. 潮湿土遗址界定及病害分类研究[J]. 敦煌研究, 2011(6): 70-75+128.
- [9] 王旭东. 潮湿环境土遗址保护理念探索与保护技术展望[J]. 敦煌研究, 2013(1): 1-6+125.
- [10] 郭耀文. 雨滴侵蚀特征分析[J]. 中国水土保持, 1997(4): 15-17.
- [11] 高进. 最小阻力原理控制下的地下径流在岩溶洞穴形成中的作用[J]. 中国岩溶, 1993(4): 70-82.
- [12] Sun, M., Zhang, F., Huang, X., *et al.* (2020) Analysis of Microbial Community in the Archaeological Ruins of Liangzhu City and Study on Protective Materials. *Frontiers in Microbiology*, **11**, 648. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00684>
- [13] 孙满利, 王旭东. 植物保护潮湿地区土遗址适应性分析研究[J]. 敦煌研究, 2010(6): 109-114.