

鸡叫城遗址史前水资源供需平衡及洪水分析

何怀光¹, 邓中元¹, 李芳^{2*}, 杨铭威¹, 周双¹

¹湖南省水利水电科学研究院, 湖南 长沙

²湖南水利水电职业技术学院, 湖南 长沙

收稿日期: 2026年2月27日; 录用日期: 2026年5月6日; 发布日期: 2026年6月29日

摘要

鸡叫城遗址位于湖南省澧县澧南镇, 是新石器时代屈家岭、石家河文化时期的重要遗存, 为研究长江流域史前水利工程考古提供了关键证据。本文以该遗址史前水资源利用为研究核心, 开展水资源供需平衡测算与洪水淹没模拟分析。研究表明, 鸡叫城遗址在石家河时期依托澧水, 通过三重环壕、人工堰河与平行水渠构成的自流系统, 实现了水资源的高效调配, 可支撑8.51平方公里稻田灌溉与10,000人的生产生活需求。经测算, 遗址年灌溉需水1225万立方米、生活用水7.3万立方米及手工业用水2.4万立方米均能得到满足。通过DEM静态“水位面”淹没模型模拟分析, 结合遗址城墙2米的高度推算, 当洪水水位在37米以下时, 基本可保障环壕内居民的生活安全; 当水位升至40米时, 遗址将被完全淹没。

关键词

鸡叫城遗址, 供需平衡, 洪水淹没

Prehistoric Water Supply and Demand Balance and Flood Analysis of the Jijiaocheng Site

Huaguang He¹, Zhongyuan Deng¹, Fang Li^{2*}, Mingwei Yang¹, Shuang Zhou¹

¹Hunan Research Institute of Water Resources and Hydropower, Changsha Hunan

²Hunan Polytechnic of Water Resources and Electric Power, Changsha Hunan

Received: February 27, 2026; accepted: May 6, 2026; published: June 29, 2026

Abstract

The Jijiaocheng Site is located in Cennan Town, Lixian County, Hunan Province. It is an important relic from the Neolithic period of the Qujialing and Shijiahe cultures. It provides crucial evidence for the study of prehistoric hydraulic engineering in the Changjiang River Basin. This paper focuses on the prehistoric water resources

作者简介: 李芳(1986-), 女, 工程师, 讲师, 主要从事水处理领域研究。

*通讯作者 Email: 26970276@qq.com

文章引用: 何怀光, 邓中元, 李芳, 杨铭威, 周双. 鸡叫城遗址史前水资源供需平衡及洪水分析[J]. 水资源研究, 2026, 15(3): 255-262. DOI: 10.12677/jwrr.2026.153029

supply and demand balance and flood analysis of the Jijiaocheng Site. The study shows that Jijiaocheng Site relied on the Censhui River and achieved efficient water resource allocation through a self-flowing system during the Shijiahe period, which is composed of triple ring moats, artificial weirs, and parallel canals to support the irrigation of 8.51 square kilometers of farmland and the production and living needs of 10,000 people. It is estimated that the annual water demand of 12.25 million cubic meters for irrigation, 73,000 cubic meters for domestic use, and 24,000 cubic meters for handicraft industry can be met. Through the static “water level” inundation model simulation analysis of DEM, considering 2 meters of the height of the site’s city wall, it can basically guarantee the safety of the residents living in the moat when the water level is below 37 meters. The site would be completely submerged when the water level rises to 40 meters.

Keywords

Jijiaocheng Site, Supply and Demand Balance, Flood Inundation

Copyright © 2026 by author(s) and Wuhan University & Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



1. 鸡叫城遗址概况

鸡叫城遗址位于澧县涔南镇鸡叫城村(见图 1)，西南距城头山遗址 13 公里，北距涔水 2 公里，是新石器时代屈家岭、石家河文化时期遗存(距今约 5300~4000 年)。遗址平面呈圆角方形，东西长约 400 米，南北宽约 370 米，城内面积约 15 万平方米。鸡叫城聚落完整经历了史前稻作农业社会从初步复杂化到文明起源、发展、兴盛再到衰落的过程，是研究中国史前社会与文明演进的典型标本。在石家河文化时期，鸡叫城形成了由城址、城外遗址点、外围环壕与沟渠组成的网状水系及其间稻田所构成的城壕聚落集群，呈现出史前稻作农业文明繁盛的社会图景[1]。



底图来源：天地图，审图号湘 S(2024)261 号；行政区划边界数据提取自 91 卫图助手。

图 1. 鸡叫城遗址位置示意图

鸡叫城遗址形成了三重环壕的聚落结构(见图 2), 城墙以内面积 15 万平方米, 护城河(一重环壕)外坡以内面积 23 万平方米, 二重环壕外坡以内面积 64 万平方米, 三重环壕以内面积 100 万平方米。其中, 二重环壕之内为密集居住区, 二重环壕之外为稻田耕作片区。经调查, 遗址外围发现两组可能用于灌溉的沟渠系统。一组位于鸡叫城的西北部, 由 6 条西北-东南走向的平行沟渠组成, 这些沟渠汇入鸡叫城西北部的长河堰; 另一组位于鸡叫城的东北部, 由 12 条东北-西南走向的平行沟渠组成, 汇入鸡叫城东北的张口堰。这些沟渠一端与鸡叫城的三圈环壕相连, 另一端可通往洣水[2]-[4]。

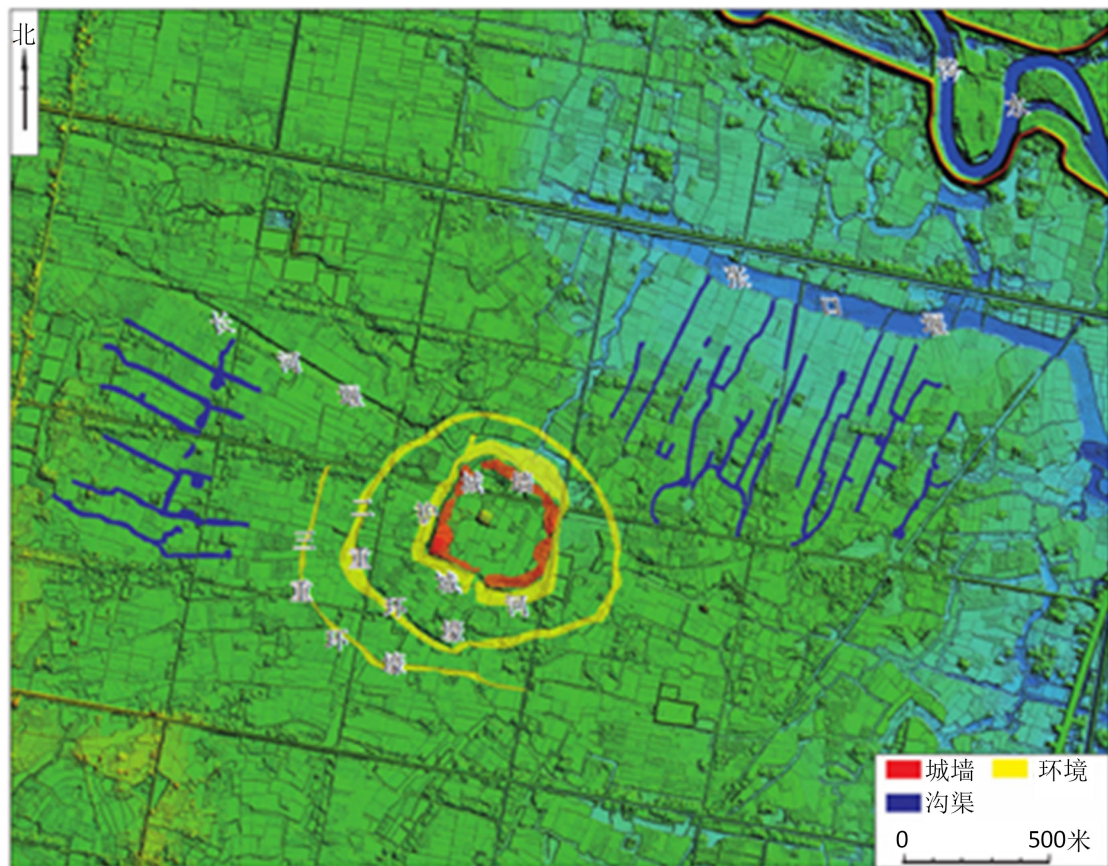


图 2. 鸡叫城遗址水利工程示意图

2. 水资源供需平衡分析

2.1. 供水分析

2.1.1. 水源情况

鸡叫城遗址地处澧阳平原, 周边水资源丰富, 主要水源包括澧水、洣水和澧水。其中洣水离鸡叫城遗址最近, 为遗址主要水源。根据湖南省水文水资源勘测中心提供的报告《城头山-鸡叫城遗址水文资料收集及洪水调查》, 澧阳平原多年平均年降水量达 1203.4 mm, 多年平均年径流量达 2.328 亿 m^3 , 入境水量多年平均值达 157.4 亿 m^3 , 其中洣水水资源量充沛, 上游来水量 3.531 亿 m^3 。据研究, 鸡叫城遗址所处时期, 水资源十分丰富, 为澧阳平原人类文明的延续与发展提供了充足的水资源保障。在雨季, 河流流量增大, 史前居民可通过合理调控水利工程, 将洪水转化为可利用水资源储存于环壕与堰塘; 旱季时, 河流仍能保持一定流量, 可通过沟渠系统引流, 满足遗址基本用水需求。

2.1.2. 水利工程施工的供水能力

鸡叫城遗址的三重环壕在供水方面发挥着关键作用。第一重环壕环绕城址主体，宽度近 50 米，雨季可大量蓄积雨水及从河流引入的多余水量，旱季时储存的水可通过沟渠引流至城内，满足居民生活用水及周边农田灌溉需求；第二重环壕与第一重环壕相互连通，其外侧连接稻田耕作片区，环壕内的水通过支渠流向稻田，为水稻提供灌溉水源；第三重环壕作为最外围的水利设施，与人工沟渠紧密相连，一方面承接自然河水和上游环壕溢出的水，保障水源充足，另一方面通过沟渠网络将水高效分配到整个稻田片区，确保大面积水稻种植的用水需求。环壕系统之间的水位差设计巧妙，利用重力自流实现水的传输，大幅提高了供水效率。

推测鸡叫城遗址人工沟渠系统可能设有控制性水利工程(水闸)，可精准控制水流的流量与方向。旱季时，关闭部分水闸，将水源集中引流至急需灌溉的稻田区域，保证水稻生长关键期的水分供应；雨季时，通过调节水闸开启程度，控制进入环壕和沟渠的水量，防止洪水泛滥。此外，遗址周边关键位置可能存在堤坝，拦截河水、抬高水位，便于将河水引入地势较高的沟渠和环壕，扩大灌溉范围，提升水利工程的供水能力。

2.2. 需水分析

2.2.1. 灌溉需水推算

鸡叫城遗址在史前时期以稻作农业为主，从遗址发掘出的大片稻田遗迹可知，当时的水稻种植规模庞大。其基本布局中，二重环壕之外为稻田耕作片区，加上水渠与稻田片区，面积达 8~10 平方公里[5]。本研究采用遗址域分析方法界定鸡叫城遗址耕作范围(数据来源：澧阳平原 ASTERGDEM V3 版本数据，来源于地理空间数据云平台 <http://www.gscloud.cn/>)，提取遗址附近坡度、坡向、土壤等专题数据，并依据史前人类灌溉用水的便利性，在此基础上推断宜耕土地面积估算和重点灌溉区域，结果如图 3 所示，深绿色区域均为重点灌溉区域，表明灌溉条件最适宜。鸡叫城遗址重点灌溉区域以城中心为原点，向四周辐射，紧邻沅水及遗址周围的沟渠，区域面积为 8.51 平方公里，以此作为灌溉需水计算的基础依据。

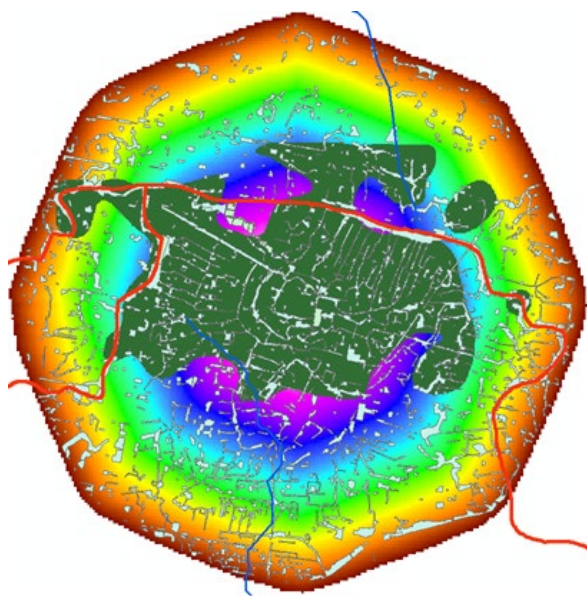


图 3. 鸡叫城重点灌溉区域

植物学家顾海滨的稻作考古研究显示，鸡叫城遗址出土的稻米与现在栽培稻的性状吻合率几乎 100%。因此本研究通过现代同区域水稻种植需水类比法推算史前灌溉需水量，根据湖南省地方标准《用水定额 第 1 部分：农业》表 2，III 区洞庭湖及环湖区 90%灌溉保证率情况下，水稻灌溉用水定额 551~812 m³/亩，折算全生育期需

水量约为 826~1217 mm。灌溉需水量计算公式如下：

$$W = ET \times A \quad (1)$$

公式中： W 表示灌溉需水量/ m^3 ； ET 表示作物需水量/mm，取 1200 mm； A 表示灌溉面积/ km^2 ，取 8.51 km^2 。

考虑到史前遗址区采用大水漫灌，且土壤渗透性较强，实际灌溉定额考虑增加 20% 的渗漏损失。按单季稻种植模式计算，鸡叫城遗址年灌溉需水量 1225 万 m^3 。

2.2.2. 生活需水推算

生活用水评估采用人口规模复原法进行推算，核心参数包括人口数量与人均日用水定额，各参数来源与测算依据如下：

粮食产量推算。郑云飞[6]推算出，茅山遗址良渚文化晚期到广富林文化时期稻田单位面积稻谷产量约为 141 kg/亩，这一时期与鸡叫城遗址所处的石家河文化时期年代相仿、稻作技术水平相近，据此估算鸡叫城遗址 8.51 km^2 灌溉区域的粮食年产量可达 180 万 kg。

人口规模推算。根据《中国居民膳食指南(2022)》，18~49 岁的男性每天应摄入 2250~2500 千卡热量，女性应摄入 1800~2000 千卡热量。史前居民的体力活动强度远高于现代人，按照成年人人均日热量需求为 2500~3000 千卡/天。若粮食提供 60%~70% 的热量，则每日需从粮食中获取 1500~2100 千卡。以谷物为主食(如水稻等)，其热量密度约为 330~360 千卡/100 克(去壳后)，每日粮食需求： $1500\sim2100 \text{ 千卡} \div 350 \text{ 千卡/100 克} \approx 428\sim600 \text{ 克/天}$ ，合计每年粮食需求 156~219 公斤。按每人每年粮食需求 180 kg 计，结合粮食年产量，推算出鸡叫城遗址居民约 10,000 人。该人口计算结果与石家河文化遗址“10 平方公里农田可以推测当时的石家河聚落群居民可能有 15,000~20,000 人[7]”的结论基本一致。

人均日用水定额推算。史前居民的“生活用水”主要包括饮用、烹饪、洗涤(个人及器物)、家畜饲养(非农业灌溉)，不含手工业或农业灌溉用水。具体而言，饮用水方面，参考现代无空调环境下重体力劳动者的饮水量，史前居民日均约 3~6 升；烹饪用水按每日 2~3 餐计算，日均约 1~3 升；洗涤用水合计日均约 1~5 升；家畜用水分摊至人均约 1~3 升。综合这些用途，单人日均生活用水量约为 6~17 升。考虑到鸡叫城遗址靠近河流取水便利的特征，本次测算取人均日用水定额 20 升。

居民生活需水量计算公式如下：

$$Q = N \times q \times 365 \quad (2)$$

式中： Q 表示生活需水量/ m^3 ； N 表示人口，取 10,000 人； q 表示每人每日平均用水量定额/L/(人·d)取 20 L。

因此，鸡叫城遗址年生活用水总量约为 7.3 万立方米。

2.2.3. 手工业用水推算

随着聚落发展，鸡叫城遗址的手工业(如制陶等)逐渐兴起，且用水量相对集中、需求量大。本次手工业需水测算仅针对制陶用水，核心参数包括单罐陶土用量、陶土用水定额，各参数来源与依据如下：

单罐陶土用量：参考现代制陶经验，5 L 容量陶罐需 7.5~10 千克陶土，考虑到该时期制陶技术尚未成熟、陶壁偏厚以保证耐用性，取单个陶罐陶土用量上限 10 千克。

陶土用水定额：依据明代宋应星《天工开物》中“每百斤陶土，定用三十石水”的记载，结合古代容量单位换算(1 石约合 100~200 升)，同时考虑到鸡叫城时期制陶需频繁搅拌陶土、清洗原料，且水资源利用效率较低，取 1 石合 200 升的上限值，则每百斤陶土的用水量为 $30 \text{ 石} \times 200 \text{ 升/石} = 6000 \text{ 升}$ (即 6 立方米)，进一步换算可得每斤陶土用水量为 $6 \text{ 立方米} \div 100 \text{ 斤} = 0.06 \text{ 立方米/斤}$ 。

陶罐总需求量：按每人 2 个陶罐的基本需求计算，鸡叫城遗址陶罐总需求量为 20,000 个。

经测算，鸡叫城遗址年手工业(制陶)用水总量为 2.4 万立方米。

表 1. 鸡叫城遗址水资源供需平衡分析成果表

类型	需水量(万 m ³)	可供水量(万 m ³)	多余水量(万 m ³)	平衡结果
灌溉需水	1225	/		
生活需水	7.3	/		
手工业需水	2.4	/		
合计	1234.7	35,310	34075.3	盈余

根据表 1 可以看出，鸡叫城遗址的水资源供需处于盈余状态，区域内水资源量能够满足当地用水需求。从水源来看，降水丰富的降水为水利工程提供了充足补给，通过环壕储水、沟渠引水等方式，实现了水资源的合理分配。经测算，年灌溉需水 1225 万立方米、生活用水约 7.3 万立方米及手工业用水 2.4 万立方米等，均能得到有效满足。同时，鸡叫城遗址的水利工程能够满足农田灌溉、城内外运输、生活用水等需求，为 8.51 平方公里的稻田提供水源，保障水稻生长，长河堰、张口堰等与环壕相连形成水网便于物资运输，环壕、水渠等可为 10,000 人的生活及手工业生产提供稳定水源。

3. 洪水淹没分析

3.1. 历史洪水调查

本次历史洪水调查数据均来源于《城头山 - 鸡叫城遗址水文资料收集及洪水调查》及澧县当地水文考古走访调查结果，核心目的为确定鸡叫城遗址所在澧阳平原的历史洪水水位范围、识别特大洪水事件特征，为后续洪水淹没模拟的水位设定、情景分析提供实际历史依据，并验证模拟结果的合理性。

根据调查资料，澧水干流调查到的主要大洪水年份有 1823*、1837*、1848*、1849、1855*、1862、1873、1908、1909、1931、1935、1953、1954 等年，其中 1849 年洪水系干流南岔~柳林铺河段的首位洪水，柳林铺以下到张公庙河段以 1935 年为首大；沅水共调查到 1882、1935、1908、1909、1966、1954、1969、1948、1952 等九年洪水；澧水由于流域面积较小及上世纪初人工改道，难以收集到准确历史洪水资料，根据走访调查，一般认为 1909、1908、1935 年发生过大洪水过程。1935 年洪水澧、澧、沅三水齐发，澧县受灾极为严重，是历史罕见的大洪灾，对研究澧阳平原洪灾具有重要意义。澧水河道左岸的张公庙水文站调查到 1935 年洪水水位为 46.30 m (吴淞初算高程系统)，换算成黄海高程系统为 44.21 m。

3.2. 洪水淹没模拟

3.2.1. 研究方法

洪水淹没模拟是探究区域水文风险与历史环境变迁的重要手段，核心在于依托数字高程模型(DEM)数据，通过科学算法推演洪水的淹没范围与水深分布特征。目前主流的模拟方法主要分为水文水动力演进模型和基于 DEM 的静态“水位面”淹没模型两类。水文水动力演进模型能动态、精准还原洪水运动过程，但构建复杂，对数据精度和计算能力要求高；基于 DEM 的静态“水位面”淹没模型通过比对区域内各点高程与设定水位面的关系实现淹没过程近似模拟，操作简便、计算效率高[8] [9]。

鸡叫城遗址位于澧阳平原，地形平坦开阔，无显著山脉阻隔，且史前居民尚未掌握大型堤坝修筑技术，洪水淹没过程更接近大面积均匀降水引发的全域性进水状态，因此本次研究选用基于 DEM 的静态“水位面”淹没模型中的无源淹没算法。

该算法流程为：初始化待检测区域内栅格值数组 V (代表经预处理后的 DEM 数据中鸡叫城跨越范围内每个栅格的高程值)以及洪水水位值 Z (设定的洪水水位高程值)；从第一个栅格值开始比较栅格值和水位值，若栅格值小于水位值，则栅格标记为淹没，否则跳转至下一个栅格值；当所有栅格值都完成比较后，算法执行结束。

3.2.2. 模拟结果

根据已有考古成果可知,鸡叫城城址的平均海拔为 37~38 米[4],鸡叫城遗址周边地区地势整体呈西高东低的三级阶梯状。鸡叫城遗址水利工程的退水最终汇入东北向的张口堰中,向东注入涔水。为充分呈现出鸡叫城遗址在不同洪水水位下呈现出清晰的阶段性淹没特征,本次模拟以研究范围最低点的高程作为初始洪水水位,即东北张口堰汇入口的高程 32.3 米。根据模拟结果(见图 4),当洪水水位达到 35 米时,遗址本体东北方向的二重环壕率先被淹没,表明该区域高程相对较低,对洪水最为敏感;当水位升至 36 米时,位于二重环壕内侧的一重环壕开始被淹没,洪水逐渐向遗址核心区域逼近;当水位达到 37 米时,鸡叫城城墙以内的区域已有一半被淹没,遗址主体功能区受严重影响,居住与生产活动空间大幅压缩;当洪水水位升至 38 米时,整个鸡叫城遗址完全被洪水覆盖,所有区域均处于淹没状态。

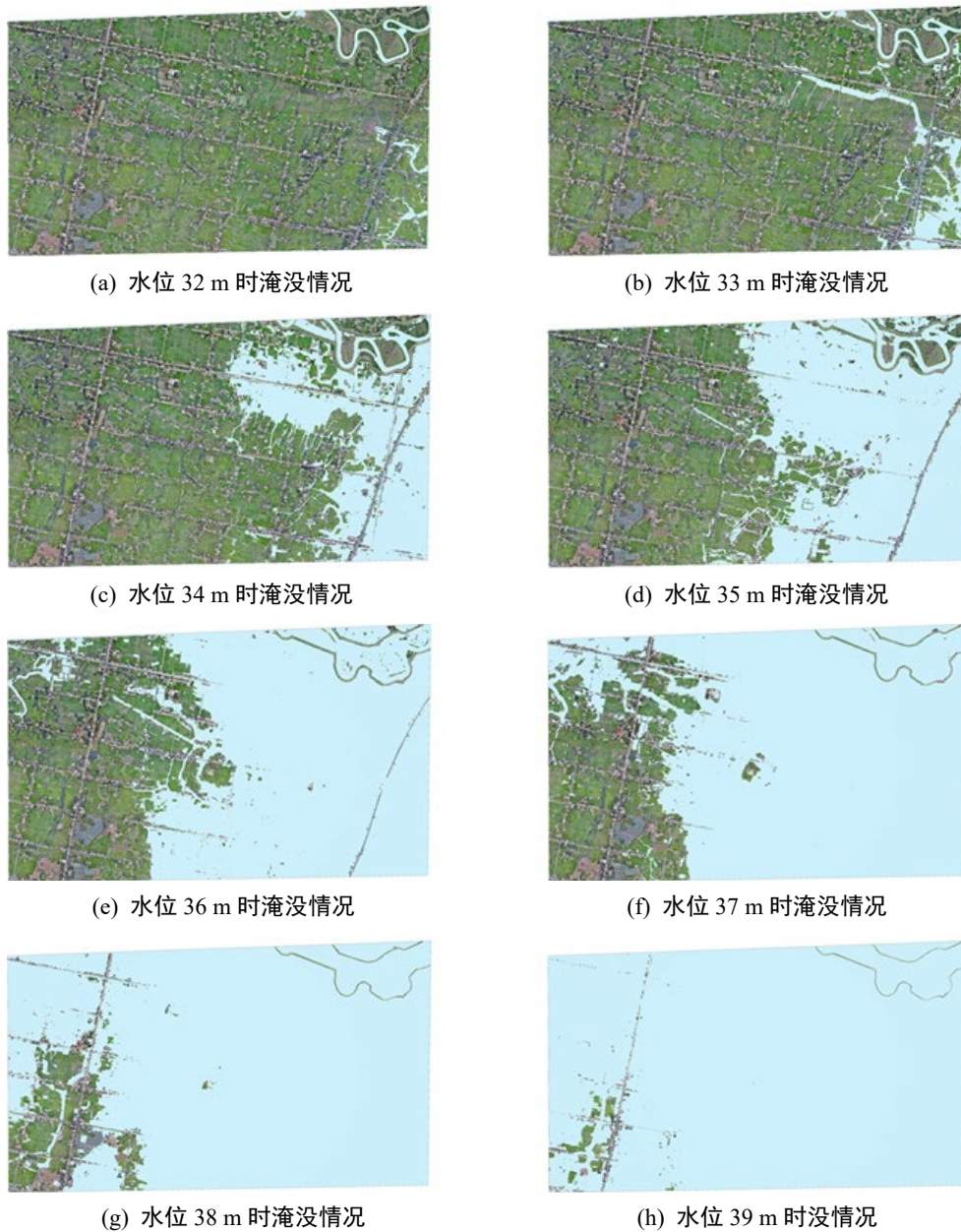


图 4. 鸡叫城遗址淹没情况示意图

这一模拟结果清晰揭示了鸡叫城遗址在不同洪水水位下的淹没过程与临界水位阈值,反映了遗址内部地形高程的差异,为理解史前时期澧阳平原洪水事件对鸡叫城聚落的影响提供了量化依据,也印证了地形因素在史前聚落应对自然灾害过程中的关键作用。根据 2018 年考古勘探,鸡叫城遗址绝大多数城墙破坏严重,仅少部分保存较好,最高处约 4 米[3]。本次模拟采用的是近现代的数字地形数据,考虑史前城墙高度比现在高 2 米估算,因此,当区域内出现达到 37 米以下水位的洪水时,鸡叫城遗址基本可以保障环壕内居民生活安全,当出现 1935 年特大历史洪水时,遗址将面临毁灭性的洪水风险。

4. 结论

1) 鸡叫城遗址的水利工程设计精巧、功能完备,能够满足农田灌溉、城内外运输及生活用水需求。工程由三重环壕、人工堰河和平行水渠构成,借助地势高差形成自流系统,可对水流进行有效调控,为 8.51 平方公里的稻田提供水源,保障水稻生长;长河堰、张口堰等与环壕相连形成水网,便于物资运输;环壕、水渠等可为 10,000 人的生活及手工业生产提供稳定水源。

2) 从水资源供需情况来看,区域内的水资源量能够满足当地用水需求。降水及丰富的降水为水利工程提供了充足补给,通过环壕储水、沟渠引水等方式实现了水资源的合理分配。经测算,年灌溉需水 1225 万立方米、生活用水约 7.3 万立方米及手工业用水 2.4 万立方米等,均能得到有效满足。

3) 鸡叫城遗址具备一定的洪水抵御能力。根据洪水淹没模拟分析,考虑城墙一定高度的情况下,当水位在 37 米以下时,基本可以保障环壕内居民的生活安全,当水位升至 40 米时,遗址将被完全淹没。根据历史洪水调查,当出现 1935 年特大历史洪水时(44.2 米),遗址将面临毁灭性的洪水风险。

基金项目

湖南省重大水利科技项目(XSKJ2023059-03);湖南省重大水利科技项目(XSKJ2021000-10)。

参考文献

- [1] 郭晓蓉,张宸.二〇二一年度全国十大考古新发现揭晓[J].文物天地,2022(5):118-121.
- [2] 何怀光,周双,杨铭威,等.鸡叫城遗址水文化的形成及对人类文明的影响[J].水文化,2024(10):44-46.
- [3] 郭伟民,范宪军,吴瑞静,等.湖南澧县鸡叫城聚落群调查、勘探与试掘[J].考古,2023(5):22-40.
- [4] 尹检顺,李福平,张双北.澧县鸡叫城古城址试掘简报[J].文物,2002(5):58-68.
- [5] 国家文物局.湖南澧县鸡叫城遗址[EB/OL].2022-05-23.
http://www.ncha.gov.cn/art/2022/5/23/art_2618_174445.html,2026-04-02.
- [6] 郑云飞.良渚文化时期的社会生业形态与稻作农业[J].南方文物,2018(1):93-101.
- [7] 北京大学考古系,湖北省文物考古研究所,湖北荆州地区博物馆石家河考古队.石家河遗址调查报告[J].南方民族考古,1992(1):213-294.
- [8] 三梅英,黄勇,寇一丹,等.基于 DEM 的中小河流横向淹没算法[J].水文,2025,45(2):37-43.
- [9] 郭利华,龙毅.基于 DEM 的洪水淹没分析[J].测绘通报,2002(11):25-27.