



空间分析技术支持的良渚古城外围 水利工程研究

刘建国 王辉

(北京 100710)

摘要:运用地理信息系统的空间分析等技术,对良渚古城周边的东苕溪水系范围内数字高程模型进行处理,提取河网和流域范围,统计流域面积,并计算塘山、狮子山、岗公岭、秋坞等坝群产生的库容,探讨良渚古城周边的水文特征、良渚古城选址、水坝功能等问题。研究表明良渚古城外围水利工程选址极为合理,使用最小干预原则,将一系列山体进行改造,在山谷的出口筑坝蓄水,具有防洪、运输、调水、灌溉等功能,达到治水功能的最大化,充分展示了良渚人先进的治水理念与高超的水利工程设计、组织、实施能力。

关键词:空间分析技术;数字高程模型;良渚古城外围;水利工程

中图分类号:K871.13

文献识别号:A

文章编号:1001-0327(2018)04-0111-06

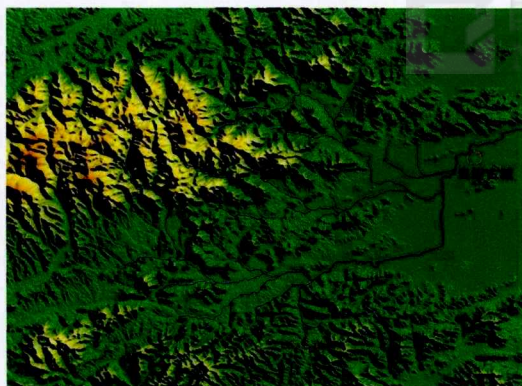
近年来,浙江省文物考古研究所同仁与笔者合作,通过对良渚古城外围的鲤鱼山、岗公岭、秋坞等地点进行遥感影像分析、实地调查与试掘等工作,确认了塘山、狮子山、岗公岭、秋坞等水坝群,坝体样本的¹⁴C测年数据表明这些水坝的年代属于良渚文化早中期范围。从宏观尺度分析,这个系统可能兼有防洪、运输、用水、灌溉等诸方面的功能,与良渚遗址群的经济和社会发展及良渚古城的出现有直接关系^①。

为了对良渚古城外围水坝群的功能进行探究,本文运用地理信息系统的空间分析等技术,对良渚古城上游东苕溪水系范围内的数字高程模型(DEM: Digital Elevation Model)进行处理,提取河网和流域范围、统计流域面积、计算单组坝体产生的库容等数据,最后探讨良渚古城周边的水文特征、良渚古城选址、每组水坝的功能等等,以求抛砖引玉,早日厘清相关问题。

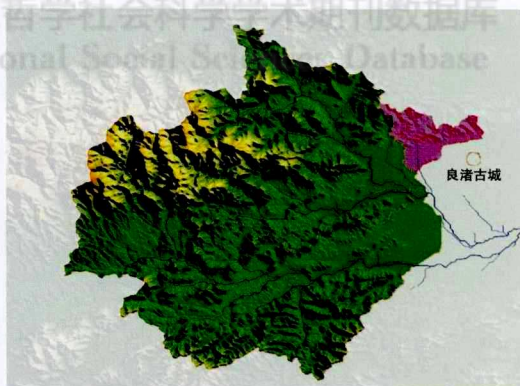
由于无法获取研究区域内良渚时期的数字高程模型,本文研究中只能使用近年良渚古城及其周边的1:1万比例尺地形图数据,其他区域使用90米分辨率的美国SRTM高程数据,大致模拟和分析良渚时期的水文特征。水文分析中考虑到良渚古城周边草木茂盛,河道比较稳定,水流的侵蚀和堆积作用应该不会太大。其中分水岭由于受到的侵蚀作用相对更小,一般情况下不会有所变化。所以流域范围、面积、河网等统计数据应该比较准确,库容量等的计算可能会与实际情况有一些出入。

一、良渚古城周边及其东苕溪上游水文特征

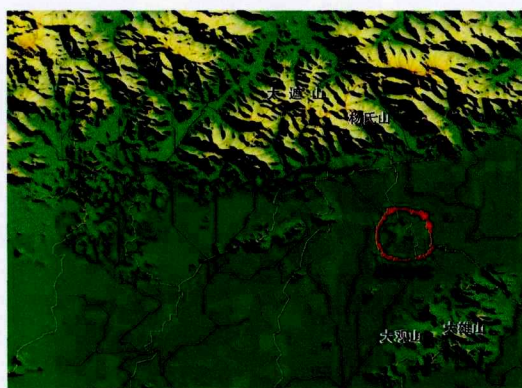
良渚古城遗址紧邻浙江省北部最大的河流东苕溪,其外围的水利工程与东苕溪关系非常密切(图一)。东苕溪源出临安县东天目山,向东流经临安、余杭、德清三市(区、县),至湖州市区与西苕溪会合后向北注入太湖,



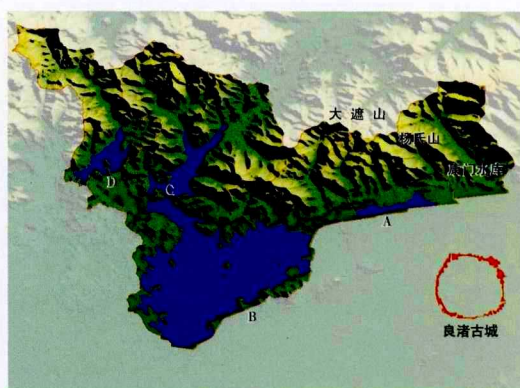
图一 东苕溪水系与良渚古城



图二 水文分析提取的河网与流域



图三 良渚古城附近区域的河网与流域



图四 良渚古城外围水利工程分布图

全长158.36公里,流域面积2276平方公里。东苕溪拥有众多的支流,习惯上称临安至瓶窑镇的干流为南苕溪。东苕溪在余杭镇以上地域,穿行在山地丘陵之间,河床比降大,滩多流急,流经区域多暴雨中心,雨季洪峰势高量大,水位暴涨暴落。余杭镇以下地势低平,流速顿减,平日溪水清澈,河宽约70米^[2]。

东苕溪在良渚时期并未流经良渚古城,而是自余杭镇出山地后,经仓前、闲林埠、留下、古荡及杭州市区北郊,在杭州市区东郊注入杭州湾。东苕溪现行的流路,是古苕溪经过两次改道而成的^[3]。近年来,在良渚古城遗址周边开展的古环境研究表明,距今7500~5200年期间,古城周围为富含孔虫的潮滩相沉积环境;而在距今5200年之后,有孔虫的逐渐消失意味着陆地开始形成^[4]。通过对良渚古城发掘期间开挖的多个剖面以及良渚遗址群内

的多个剖面的综合研究,史辰羲等将平原区的环境演变分为4个阶段:(1)距今7000年前多为静水沉积环境,水域范围较大,水位较高;(2)距今7000~5100年间,区域水位有所下降,部分较高的地区露出水面,一些低洼地区接受了沼泽相或河流泛滥相沉积;(3)距今5100~4300年期间,水位较低,文化快速发展,平原上多见良渚文化遗迹;(4)距今4300年之后,水位再次升高,多数良渚文化层之上都覆盖一套黄色或黄褐色的泛滥相沉积^[5]。

为了探究东苕溪水系的水文特征,需要对良渚古城周边的数字高程模型进行分析,提取良渚古城以上的东苕溪水系各支流的河网分布与流域范围(图一)。经过流域面积统计,东苕溪流域在良渚古城上游总面积约为1483平方公里,其中良渚古城外围水利工程控制的区域只有52平方公里(图二中紫色区

域)。提取出的河网分布图中,全部水系也没有汇入现在的东苕溪主河道,而是沿着良渚古城东南的大观山等低山丘陵南部往东流出,与吴维棠先生的研究结果如出一辙。

根据大比例尺的地形数据提取良渚古城附近局部区域的河网和流域之后,发现良渚古城位于其东南部的大雄山、大观山与北部大遮山支系杨氏山连线的分水岭上,这里地势稍高,不会出现水流聚集的情况,应该是良渚人精心挑选的最佳筑城地点(图三)。

最佳位置的选择有效地避开了雨季里东苕溪上游1430多平方公里积水盆地中的洪水威胁,良渚人又全力以赴地在52平方公里的积水盆地中兴利除弊,建造了一套彪炳青史的水利工程。

二、良渚古城外围水利工程分析

良渚古城外围水利工程由一系列长堤和水坝组成,为了便于探讨,将其简单分为塘山长堤、狮子山—鲤鱼山—官山—梧桐弄坝群、岗公岭—老虎岭—周家畈坝群、秋坞—石坞—蜜蜂弄坝群等四个部分(图四中A、B、C、D)。

(一)塘山坝群

塘山坝群北依天目山余脉大遮山,距离山麓约100~200米,西自毛元岭自然山丘始,蜿蜒向东,至罗村止,全长约5公里。由现隆起于地表的狭长形土丘断续相连,相对高度2~7、宽度20~50米。其中横堂山至翁家头部分为南北双层坝体结构,北坝和南坝间距约20~30米,并保持同步转折,形成类似渠道的结构,渠道和西段坝体北侧的古河道连接(图五)。双层坝体的西端,西施坞—横堂山这条南北向高垄将北坝连接到北侧大遮山;东端石岭村—翁家头也是南北向高垄,由北侧山体连接到南坝,是东西两侧的分水岭。塘山双层坝体的北坝坝顶高程约为15~20米,南坝略低,坝顶高程约为12~15米,渠道底部高程约为7~8米^⑨。北侧坝体与两端的南北向高垄围成的区域,应该具备存储水的功能,可能属于储水设施,积水盆地面积约5.68平方公里(图四)。

塘山坝群西部毛元岭至横堂山之间为单层坝体,坝体北侧有河道遗迹,与中部的双层坝体相互连通构成漕渠。这段漕渠东部地势稍高,而且被石岭村—翁家头南北向高垄隔断,水流应该是由东往西注入狮子山—梧桐弄坝群围成的库区。这一特征可能说明良渚人修建塘山坝群不仅仅是为了阻挡大遮山南坡的特大降水,同时将这一区域的地表水收集到狮子山—梧桐弄坝群围成的库区。否则塘山坝群可以从毛元岭开始,向东偏南的方向修筑,就可以让这段漕渠的地势呈现为西高东低,将水流从良渚古城东北方向排出。塘山坝群把大量的降水引向毛元岭以西,保护了良渚古城及其东部的良渚遗址群免受洪水威胁,使良渚人能够安然地繁衍生息(图六)。

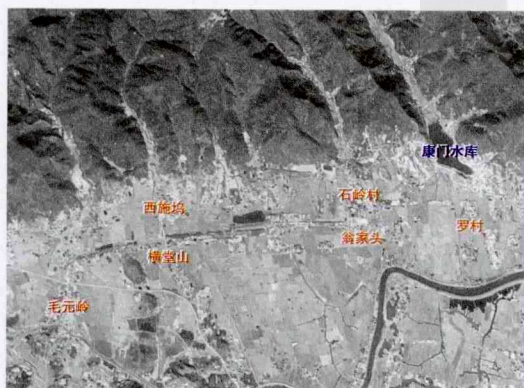
(二)狮子山—鲤鱼山—官山—梧桐弄坝群

狮子山—梧桐弄坝群位于瓶窑镇西北,四段坝体将孤立的狮子山、白象山、鲤鱼山、官山等连接起来。其中狮子山水坝东部被104国道破坏,残存西侧坝体,残长约90、宽约90米,坝顶高程约为10米,据推测坝体原长约200米;鲤鱼山水坝长360、宽约80米,坝顶高程约为10米;官山水坝长130、底宽约100米,坝顶高程约为10米;梧桐弄水坝东西长约35、南北宽约50米,坝顶高程约为9米(图七)。

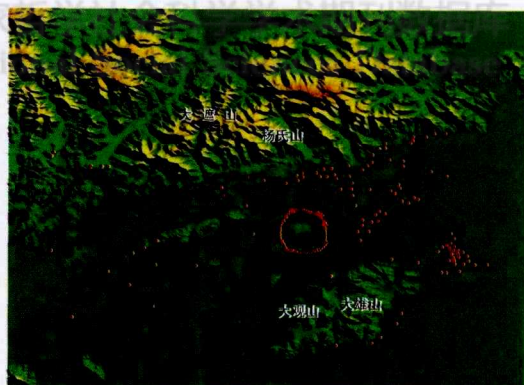
如果按照坝高10米计算,狮子山—梧桐弄坝群围成的水面面积可达9.39平方公里,根据现在的地形推算其库容约为4486万立方米,积水盆地面积约为46.5平方公里(康门水库所在流域的积水盆地面积5.5平方公里),承载的降水量为960毫米。其中梧桐弄水坝坝顶高程约为9米,比该区域其他坝高10米略低,再根据早期Conora影像分析,梧桐弄水坝下游是明显的河道迹象,可能说明梧桐弄水坝是一座兼具泄洪功能的滚水坝(图七)。如果按照坝高9米估算,狮子山—梧桐弄坝群围成的水库库容不低于3600万立方米。

(三)岗公岭—老虎岭—周家畈坝群

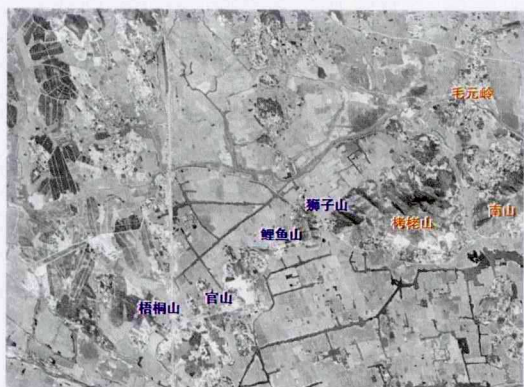
岗公岭水坝西端被沪宁铁路破坏,东部



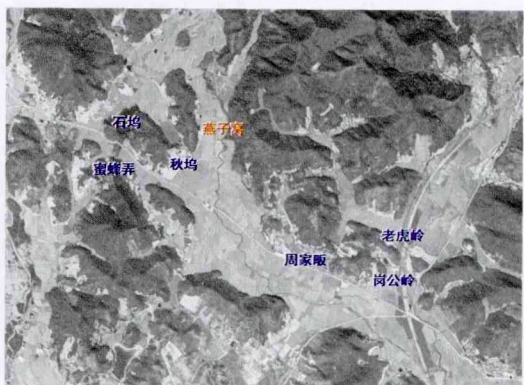
图五 塘山坝群Conora卫星影像图



图六 良渚遗址群分布图



图七 狮子山-梧桐弄坝群Conora卫星影像图



图八 岗公岭坝群与秋坞坝群Conora卫星影像图

被新104国道毁坏,东西向原长约200、残长约90、南北宽约80米,坝顶最高点高程约为30米,谷底高程约为9米,坝高21米;老虎岭水坝长约50、上宽约16、下宽约65米,坝身残高约15米,坝顶高程约为24米;周家畈水坝原长约125米,东部被通往陈和村的村道破坏,下宽约60、残高约10余米,坝顶高程约为28米(图八)。

岗公岭一周家畈坝群是一组典型的拦截山口的水坝,根据岗公岭坝顶高程30米计算,拦截的积水盆地面积为12.82平方公里,水位高程30米时的水面面积1.18平方公里,库容1130万立方米,承载的降水量为880毫米。

(四)秋坞—石坞—蜜蜂弄坝群

秋坞水坝位于马家山和石坞之间,呈东北—西南向,长约100、底宽约60米,坝顶高程约为39米。坝体的北侧现为秋坞水库,东部被

现今水库的水泥坝毁掉35米;石坞水坝位于石坞与碎石岭之间,呈东北—西南向,长约96、宽约44、残高约10米。坝北现为蓄水区,称为石坞水库,坝顶高程约为45米;蜜蜂弄水坝呈南北向,原长约95、下宽约60米,坝高约12米。北部部分在修建04省道时被破坏(图八)。

与岗公岭一周家畈坝群不同,同为典型山口坝群的秋坞—蜜蜂弄坝群并没有完全拦截其上游的积水盆地,秋坞坝东部燕子窝村所在的河谷现为开放的山谷。秋坞坝东侧依靠的山体北部山谷高程约40米,如果良渚时期燕子窝村所在的河谷没有建造大坝,秋坞、石坞、蜜蜂弄三座坝体拦截的积水盆地面积就会很小,坝体高程也没有必要达到45米以上。根据岗公岭坝高20余米与燕子窝村高程约30米推测,燕子窝—秋坞—石坞—蜜蜂弄坝群的高程应该为50米,拦截的积水面积6.71



平方公里,水位高程50米时的水面面积0.83平方公里,库容550万立方米,承载的降水量为820毫米。

上述四组坝群构成了良渚古城外围水利工程的主体,其中岗公岭、鲤鱼山、狮子山、老虎岭、周家畈、秋坞六个地点的碳14年代测定数据表明其构建年代属于良渚文化早中期,塘山坝群的推测年代也基本上属于相同时代^[7],早于良渚古城的构建年代。四组坝群的建造工程量巨大,承载的降水量达到百年一遇,在防洪方面应该主要是阻挡诸如台风登陆时的特大暴雨对良渚聚落群的威胁。良渚聚落群周边水系与外围水利工程基本上相互连通,通过翻坝转运的方式可以将山中的矿藏、石材、竹木等资源通过水路运输到古城周围。

塘山坝群连接狮子山-梧桐弄坝群,其外部以壕沟和水体阻隔来自西部和北部大遮山南坡的潜在威胁,南部有东苕溪作为屏障,东部是沼泽地带,能够构成完美的防御体系,将良渚时期的聚落群护卫其中,成就良渚人繁衍生息的最佳场所。

三、结论与探讨

通过对良渚古城所处位置具体地貌特点的观察,可以发现良渚古城的地貌基础实为深入到平原之中的基岩残丘。古城的南、北两面都是天目山脉的支脉,西面是以瓶窑窑山为主的一组小山,只有东面是地势由西向东降低的平原。东天目山余脉在余杭彭公分成两支向东延伸,北支为高耸绵延的大遮山丘陵,南支为断续分布的大雄山、大观山丘陵。良渚古城的主体就是依托于南支众多的低丘而兴建。古城东北角的雉山和西南角的风山都是基岩孤山。北城墙西端利用了原来的黄泥山作为墙体的一部分。城内的莫角山,现在地面上可以看到东西长约670米、南北宽约450米、高约10米,形态规整。它的西半部所利用的也是自然山体,人工堆筑的厚度只有3~4米,而其东部堆筑的厚度则为10~12米,部分地区可达17米^[8]。古城兴建之前地势的起伏由

此可见一斑。此外,位于城内西侧与南侧的江家山、桑树头和皇坟山等原来同样是几座断续相连的小山丘。因此,地势较高的东天目山南支余脉对于古城的兴建具有重要意义。

不仅如此,这道深入平原内部的基岩残丘在地形上还构成了北苕溪流域与大遮山南坡东段诸水的分水岭。地势上明显可以看出,源于西北山地的北苕溪出山之后,受左侧大观山、大雄山这道丘陵的阻挡,其天然河道是不大可能向东北流的。只能是东南流过大雄山之后,才可能转向东流。在根据良渚古城周边的数字高程模型提取出来的河网分布图中,可以更加清楚地看到与现在东苕溪由南向北流的水系格局相反的状况。平原区冲积物的特征可以进一步地说明这一点。在南苕溪近乎直角转弯汇入东苕溪的余杭以东,有一条古河道,覆盖在浅海相沉积之上的河床相沉积,其粒度向东由粗大的砾石逐渐变为发育交错层理的中细砂层^[9]。而在良渚古城附近,则主要是粘土或者黏土质粉砂等细粒沉积,表明当时水流的强度较弱。综上所述,从地形、河道形态以及沉积物的特点等方面,足以说明当时的水系格局与今天存在很大的差别。吴维棠先生认为,东苕溪北流穿过大观山和大雄山一线,是东汉时期人类活动的结果^[10]。

良渚人将古城选址在平原地区中地势相对较高的低丘集中分布的区域,同时通过城墙的修建以及城内大规模的堆筑,使得良渚古城不至于面对苕溪干流所引发的严重水患。来自北侧大遮山的山洪以及生产、生活用水才是古人需要解决的问题。

大遮山南坡沟谷大都较为短小,水量的年内变化较大,缺少常年持续的稳定水流。在山前地带,受水流切割的影响,多有南北向的残丘深入到平原之中,例如西施坞一横堂山高垄以及石岭村一翁家头高垄,它们在地形上构成了沟谷之间的分水岭。由西、中、东三段坝体组成的塘山水坝,坝体的结构并不相同,同时,结合附近的山势地形,形成了不同结构的水域空间。这种形态和结构的差别,可

能意味着不同坝段主导功能的差异。例如,中段的南北双层坝体结构加上东西两侧的南北向高垄,既可以用于防洪蓄水,也可使水位较高时将多余的水量通过渠道排入狮子山—梧桐弄坝群围成的库区;而且,渠道亦可满足引水、灌溉以及运输等需求。而东段坝体西端与石岭村高垄连接,东端则逐步靠向山体,从而形成类似水库的闭合结构。一方面可使处于地势低平区的良渚遗址群诸遗址免遭山洪的直接威胁,另一方面,通过土墩之间的水口可以将水引入到东部良渚遗址群中,满足不同性质的用水需求。

良渚古城外围水利工程与古城周边及城内水网相互连通,发挥着防洪、运输、调水、灌溉等功能,充分展示了良渚人精妙的治水智慧与超强的水利工程设计、组织、实施能力。这一水利工程的选址极为合理,建造时又巧妙地利用自然环境的特征,将一系列的山体进行改造,填堵一些山谷的出口,使用现今被人们津津乐道的最小干预原则,达到治水功能的最大化,造就延续千年的璀璨的史前文明。考古工作已经揭开了良渚古城外围水利

工程的神秘面纱,但应该只是冰山一角,还有很多重要的相关遗迹和现象有待于进一步的发现和研究。

附记: 本文研究得到了浙江省文物考古研究所的大力支持,多次的现场考察也都是在浙江所同仁的密切配合下得以完成,谨此特别致谢!

注释:

[1]浙江省文物考古研究所:《杭州市良渚古城外围水利系统的考古调查》,《考古》2015年第1期。

[2]浙江省文物考古研究所:《良渚遗址群》,文物出版社,2005年。

[3]吴维棠:《杭州的几个地理变迁问题》,《历史地理》第五辑,上海人民出版社,1987年。

[4]刘滨、李茂田、孙千里、陈中原:《中全新世以来杭州湾古气候、环境变迁及对良渚文化的可能影响》,《湖泊科学》2014年26卷第2期。

[5]史辰羲、莫多闻、李春海、刘斌、毛龙江、李明霖:《浙江良渚遗址群环境演变与人类活动的关系》,《地学前缘》2011年第18卷第3期。

[6]同[1]。

[7]同[1]。

[8]刘斌、王宁远:《2006~2013年良渚古城考古的主要收获》,《东南文化》2014年第2期。

[9]同[3]。

[10]同[3]。

A Study of Water Control Engineering outside of the Ancient Liangzhu City Supported by Spatial Analysis Techniques

Liu Jianguo, Wang Hui (Beijing 100710)

Abstract: Employing GIS techniques of spatial analysis, we used a digital elevation model to analyze the Eastern Tiaoxi drainage system around the ancient city of Liangzhu. We extracted information about the network of rivers and their drainage basin, calculated the area of the drainage basin and calculated the size of the reservoir formed by dams at Tang Mountain, Shizi Mountain, Ganggong Hill and Qiuwu. From this we analyzed the features and patterns of the water around the old city at Liangzhu, the selection of this site for a city, and the function of the dams. The study shows that the selection of the water works site outside of the city was extremely rational, using the principle of least interference to transform a series of mountains. A dam for holding water was built at the mouth of each valley serving to prevent floods, provide for transportation, control water and irrigate. This maximized the effective use of water and provides ample evidence of the engineering, organizational and water control prowess of the Liangzhu people.

Keywords: Spatial analysis techniques; digital elevation model; Liangzhu ancient city; water control system

(责任编辑、校对:蔡丹)