

潮湿土遗址隔水防潮技术对比研究*

周双林 杨 琴 张鹏宇

(北京大学考古文博学院 北京 100871)

内容提要:潮湿土遗址的破坏,很大程度上是受水的影响,目前国内几个潮湿土遗址经常使用的防水隔水措施主要有:挡水墙、隔水廊道、拱券法和抽水法。经过对几种方法进行总结评价,可看出拱券法是最有效的方法。

关键词:潮湿土遗址 防水墙 隔水廊道 抽水法 拱券法

中图分类号:K854.3

文献标识码:A

一 目的

我国的土遗址很多,根据其所处的位置,可以分为干燥环境中的土遗址和潮湿环境中的土遗址。

干燥环境下的土遗址,主要是西北地区,尤其是甘肃、新疆和内蒙古西部的土遗址,主要是古城、烽燧、城墙等。著名的如高昌故城、交河故城、黑城、苏巴什古寺庙、汉代长城和烽燧等。

潮湿环境下的土遗址分布范围很广,包括了除以上地区外的多数土遗址。这些遗址的病害与水有很大的关系,水的来源有地下水、雨水、空气含水等。由于潮湿环境下的土遗址处于恶劣的自然环境中,所以对它们的保护难度很大。

潮湿土遗址的保护是一个综合性的工程,包括工程技术措施、化学措施等,其中工程技术措施又包括保护建筑的构筑(阻挡阳光直射和雨水的冲刷)、地下水的隔断和防潮(隔水防潮)、排水系统的设置等。地下水的控制措施是保护潮湿土遗址的重要手段,也是保护潮湿土遗址的关键措施。

国内在潮湿土遗址保护中,在地下水控制方面曾有多多个单位进行了研究探索,但是没有进行认真的总结。本研究的目的就是对国内潮湿土遗址保护中采取的治理地下水影响的工作进行总结,在总结的基础上得出经验和教训,并为以后

的潮湿土遗址保护提出一些指导性的建议。

二 调查内容和方法

1.调查内容

国内遗址保护控制地下水破坏的成功经验与失败教训。根据对国内潮湿环境下土遗址的资料调查,选定了国内有代表性的土遗址进行调查和总结。选择这些土遗址是由于这些土遗址具有潮湿环境下病害的特征,并曾经采取过一些保护措施,试图解决潮湿土遗址的隔水防潮问题,留下了一定的经验和教训。

2.调查方法

主要是进行实地调查,并与管理人员沟通,通过这些手段了解遗址保护的相关措施、拍摄保护措施的照片等,获得相关的保护措施的实际数据,并在可能的情况下,得到设计和施工图。

三 各个遗址点的情况

1.北京大葆台遗址博物馆

北京大葆台遗址在发掘后为了保护遗址,采用了多种技术的保护手段,这些手段先后是:混凝土隔板支撑隔断、修建隔水环廊和博物馆保护房、化学加固和生物防治、化学灌浆等。

在遗址发掘后不久,发现水的影响很大,于是采取了在下部开挖隧道,然后用砖垛支撑水泥板的措施,将遗址支撑起来,后来又将架空的砖垛空间部分用灰土填充。在此之后修建了博物馆,博物

*本文为2009东亚古遗址保护国际学术研讨会会议论文。

收稿日期 2009-04-12

作者简介 周双林(1965~),男,北京大学考古文博学院副教授,研究方向:文物保护材料、不可移动文物保护。

杨 琴(1985~),女,北京大学考古文博学院硕士研究生,研究方向:文物保护。

张鹏宇(1985~),男,北京大学考古文博学院本科生,研究方向:文物保护。

馆的基础中修建了隔水防潮的廊道,并加装了通风设备。在此之后,为了达到防水的目的,又进行了遗址坑内的灌浆处理,但是由于打穿了下部架空的水泥板,浆液漏掉,所以没有起到应有的效果。

目前大葆台周围的地下水位在地下 27~30 米,因此地下水没有影响。但是在遗址的地面上,到春季和秋季时仍有部分潮湿,估计是水分从下部以气态上升到遗址的地面,然后凝结形成。

总之,几个措施中,隔水廊道起了一定的作用,阻止了雨水的渗漏,而其他的措施作用不大。

2. 北京琉璃河商周遗址博物馆

北京琉璃河遗址的保护,是在遗址发掘后首先用木板等对遗迹进行临时的隔断,封闭起来,然后修建了博物馆,使遗迹成为博物馆的展品。为了避免展示时的破坏,且为了控制遗迹的环境,博物馆将遗迹用玻璃钢柜子密封了起来。在采取这些措施后,遗迹仍出现了问题,最主要的是生霉,其次还有土体的粉化。为了解决这些问题,博物馆又在玻璃钢柜子的底部开了通风孔,用普通的排风扇进行排风。

以上的保护操作看起来很矛盾:密封的结果将导致小环境的湿度升高,排风的目的是使湿度下降。推测开始采取密封的目的,是试图使遗址的规格提高,给人以珍贵神奇的感觉;另外,从保护的角度看,也是为了减少灰尘等的影响。

由于小环境的高湿度和环境的改变,遗址土体出现了病害,包括土体的粉化、土体表面的绿色和白色微生物形成了膜状物质、水泥侧壁上白色的盐结晶等。

根据以上所述,该遗址的小环境控制没有达到应有的目标。

3. 郑州大河村遗址博物馆

郑州大河村遗址发掘后,为了保护遗址,首先修建了保护性建筑进行遗址的展示与保护。所修建的保护房为砖木结构:砖墙、木门窗、木构架的房顶;后来改建加高了房顶,并将木门窗换成了铝合金的门窗,使遗址的密封性更好。

由于遗址在刚发掘时及以后的十几年间地下水位都很高,基本在地下 3~5 米,因此水对遗址的破坏很大,主要是形成微生物类的地衣和苔藓,甚至形成草类;水的不断上升,导致土体含水量很高,一些窖穴由于下大上小,悬垂的部分出现垮塌,水分和挥发、湿度的日变化和年变化都导致了土体的表面粉化。

为了保护遗址,在修建保护房的基础上还采

取了一些其他的隔水降湿的措施,如修建隔水环廊、在环廊设置通风设施等。

修建隔水环廊的措施,是在遗址的外围开挖沟槽。下挖后,在两侧做混凝土的挡板,使沟槽的内外两面隔开,空间距离约 50 厘米,挡板达到遗址地面以下 2 米;这些修建完成后,将上部覆盖,然后用沙子掩埋,以避免与遗址地面形成明显的差异。

廊道的通风,做法是在遗址的东侧修建竖井,使深度在遗址地面 3 米以下,并用粗管道与遗址周围的回廊连通起来;在遗址的西侧,保护房的外墙上,修建一个烟囱形的管道,使与环廊管道连通,试图通过竖直管道将环廊内的湿气抽出。

这些措施采取后,遗址的状况并没有得到很大的改善,推测其原因是修建环廊和通风的操作效果不大。因为环廊修建后,上部覆盖了沙子,致使内部密封;而混凝土材料本身没有隔水作用,仍能传导湿气,使外部湿气传导到内部的遗址上;另外,由于西墙上的管道高度不够、直径较小,管道没有抽出环廊内湿气的作用。因此,这个设置也是没有作用的。

由于附近修建公路导致附近的水渠系统受影响,因此地下水位出现下降,遗址的病害较原来为轻,但是病害仍然在发展。所以已经采取的措施可以说作用不大。

4. 洛阳天子驾六遗址博物馆

洛阳天子驾六遗址博物馆位于洛阳市中心的河洛文化广场。新发掘的遗址非常潮湿,有关单位建议对遗址进行隔水处理,即下部采用工程技术措施掏空,使遗址与下部的土体隔离,而侧面采用修建隔水墙的措施,这样将遗址与外部的土体整体隔离,起到防止水影响的作用。但在施工中却没有采取这个措施,只使用了侧面隔水防潮的措施。

天子驾六遗址车马坑为西北-东南方向,根据现场调查,在修建博物馆建筑时,由于西南侧面的外部 2~3 米处就是设计的地下停车场,这个停车场本身就进行了隔水防水处理,因此这面未修建隔水墙,而其它 3 面都修建了隔水墙。隔水墙的修建按照相关的设计标准进行,深度距离原地面 6 米,约距车马坑地面 3~4 米。修建 3 面的隔水墙与西南方向的防空洞墙壁对接。

由于土体表面在稍后采用具有防水作用的材料进行了处理,因此外观看来土体表面非常干燥。但是在遗址中心部位的墓中,打开散碎的回填土就可发现只有表面 1~2 厘米的土是干燥的,而内

部的土仍然很潮湿。在西北部部分重修的侧壁上，也可看到土体潮湿、表面粉化的现象。

虽然目前洛阳市的地下水位很低，而且经过广场地面的硬化和排水设施的修建，地下水和雨水对遗址的影响很小，但是土体的含水情况依然表明侧面隔水的措施不能完全解决土体的保护问题，土体的保护仍有隐患。

5.新郑郑韩故城遗址博物馆

新郑郑韩故城车马坑遗址是在 2000 年左右发掘的，发掘完成后，1 号坑没有进行保护处理，只搭建了保护棚，因此目前出现了问题，坑壁风化严重。中字形大墓和附属的车马坑采用了化学防水处理，由于本身距离地面很近，没有出现问题。5 号墓的地势低且潮湿，因此采取了隔断保护措施。

具体的保护措施是：在坑的底部构筑砖券，然后在车马坑的周围修建夹心的水泥墙；并在上部修建通风孔，使间隔中的空气与大气交换，促进湿气挥发。

保护处理完成后，效果很好。

6.山东临淄殉马坑遗址博物馆

山东临淄的车马坑发掘后进行了陈列展示，现陈列 106 匹马骨，修建了保护房，并在殉马坑的上部修建了铝合金框架的有机玻璃罩子，期望对遗迹进行进一步的保护。

车马坑发掘后，马骨就开始出现破坏。春季时出现断裂，夏季雨水上升后马骨发霉并生苔藓，严重影响了马骨和车马坑的保护和展示。

出于保护的目，博物馆对殉马坑遗址进行了保护处理。主要的措施是隔绝地下水，采取矿业上的坑道施工方法，将遗址整体架空，在下部形成了完整的拱券结构^[1]。

经过近 20 年的时间考验，事实证明这个措施比较成功。车马坑的土体干燥，没有生霉现象。缺点是南段没有作隔断，因此南部出现了漏水等现象。

7.成都杜甫草堂唐代遗址博物馆

成都杜甫草堂唐代遗址，为了控制地下水采用了打井抽水的措施。具体的做法是在遗址的周围打 3 口井，在井中放入深水泵，当水位超过某个高度时就开始抽水，目前已经运转了近 5 年，一般设置是水位接近地面 20 米开始抽水。这个设施完成后，遗址的潮湿状况有所改善，但不是非常明显。

四 方法总结及效果评价

1.常用的方法

表一// 各种措施的使用情况

方 法	使用的单位	效果评价	缺 点
挡水墙	洛阳天子驾六遗址博物馆	土体仍潮湿	不能控制下部的水分运动
隔水廊道	北京大葆台遗址博物馆	有效果，可阻挡雨水渗透	不能控制下部水分运动
抽水法	杜甫草堂唐代遗址	有效果，但是不能阻止微生物生长	容易导致土体的塌陷
拱券法	山东临淄殉马坑 河南新郑郑韩故城车马坑	效果好，能解决地下水的问题	操作困难，费用高

根据对多个遗址的调查，国内潮湿土遗址隔水降湿的措施主要有以下几种方法：挡水墙、隔水廊道、抽水法和拱券法等。各种方法所使用的原理不尽一致。

2.效果评价(见表一)

各种措施的评价：

(1)挡水墙

原理是在遗址的四周形成隔水层，可以切断从侧面来的水，这个方法的缺点是无法解决从垂直的下方渗透上来的水，如果是在地下水很高、或地下水忽高忽低的情况下，都不会有好的效果。即使是在地下水位不高的情况下，土体仍然是潮湿的，这种情况下如果环境湿度循环变化，土体仍然会挥发水分；在有盐的情况下，将导致水分挥发的位置出现盐结晶而遭到破坏。挡水墙如果在墙体施工时出现漏洞，或者防水材料老化后，都容易失效。

(2)隔水廊道

隔水廊道与挡水墙的作用一样都是为了阻止侧面水分的渗透，但与挡水墙不同的是，隔水廊道中间增加了隔离的空间，可增加通风设施、提高隔水的效率，另外也便于检修。

(3)抽水法

抽水的作用是主动降低地下水，通过降低地下水达到降低上部土体含水量的目的。抽水法仅在地下水位处于一定高度范围内时适用；如果地下水位太低，则没有必要使用；而地下水位太高时，抽水又无法解决问题。另外如果地层是透水性很强的结构，那么抽水法也无法解决问题，因为耗费太大。抽水法的另外一个缺点是抽水容易导致水的集中流动，这样会导致土体的颗粒被带走，形成土体结构的破坏。抽水还会导致土体的浮力降低，局部土体下沉。

(4)拱券法

拱券法的做法是试图切断遗址与地下水的联系,从而阻止地下水的上升对遗址造成破坏。

拱券法的优点是可以彻底隔绝地下水的影响;缺点是操作困难、费用高,在地下水位高的情况下操作更困难,如结构有漏洞也很容易失效。

拱券法需要注意的是要做得全面,遗址的四周和下部都要做,否则容易造成局部的破坏,例如临淄车马坑的情况。

地下水位不高的地点采用这种措施能很好地解决问题,如新郑的车马坑遗址,但是要注意开挖过程中尽量不要改变遗址的原况。

五 结论和讨论

1. 结论

通过调查,可以发现在遗址的防水隔水方面,目前已经有很多有意义的探索。在国内遗址的保护中,曾经尝试使用的方法有:挡墙法、隔水廊道法、抽水法、拱券法等。这些方法各有优缺点。其中效果最好的是拱券法,其它几种方法对遗址的隔水防潮也都有一定的效用。

2. 讨论

以上方法的使用一定要根据各个遗址的实际情况,在进行完整的地质调查并了解地层、地下水情况后,再作决定。

地下水和雨水对土遗址的破坏是遗址保护必须克服的问题,除了以上的方法外,还有一些手段可以采取,如削切土体和全部密封。

切割土体的方法是在调查秦始皇兵马俑遗址

6号坑时发现的现象。这个遗址坑是个长条形的随葬坑,遗址的地层为:上部2米左右是后来覆盖在遗址上的冲积土,下部是遗址,主要是夯土。为了达到展示的目的,将遗址的上部土体向外开挖,形成了宽阔的参观步道,这样做的结果是外部的雨水渗漏只到达切割的边坡的边缘,而风化作用、霉菌滋生等主要发生在这个部位,这样下部的土体则缓慢的释放水分,和环境逐渐地达到平衡。

如果在遇到潮湿土遗址的情况下,为了隔绝雨水的影响,可以采用这种方法。

另外一个措施是像西安阳陵遗址的保护措施,就是将遗址进行彻底地密封,而参观的观众从单独的廊道中通过,与遗址隔离。遗址彻底密闭的结果就是使遗迹的环境湿度很高,一般在80%以上,这样的目的是避免土体内部的水分挥发,那么即使遗址下部有水分,也不会造成破坏。缺点是要经常进行防霉处理,遗址中的玻璃也应该是特殊材料,这样可以将凝聚在玻璃上的水分驱赶走。

(本文在写作过程中得到北京市大葆台西汉墓博物馆白岩副馆长、郑州大河村遗址博物馆李建合馆长、新郑市文化局靳宝琴副局长、洛阳周王天子驾六遗址博物馆曹岳森副馆长等几位同志的大力帮助,在此一并表示感谢。)

[1]张龙海:《临淄拾贝》,临淄中轩印务公司2001年,第135~136页。

Research on the Waterproof Technique of Moist Archaeological Earthen Sites

ZHOU Shuang-lin YANG Qin ZHANG Peng-yu

(School of Archaeology and Museology of Beijing University, Beijing 100871)

Abstract: Water is an important factor on the deterioration of moist earthen archaeological sites. Several archaeological sites were investigated for their waterproof engineering method. The methods they used are: water isolating wall, water isolating corridor, arch method under the site and drainage method. It has proved that arch method is more efficient in preserve the archaeological sites.

Key words: moist earthen archaeological sites; water isolating wall; water isolating corridor; drainage method; arch method