

## 浅谈石窟水害的治理

赵凡 姚雪

(西北大学 文化遗产学院,陕西 西安 710069)

[摘要]水害是影响石窟长久保存的重要因素。本文对石窟水害的治理理念进行了探讨,介绍了一些古代石窟水害治理的方法,重点对近年来我国石窟水害治理方法进行了总结和归纳,从排和堵两个方面作了较为详尽的介绍,以期对今后的石窟保护工程有所助益。

[关键词]石窟寺;水害治理;文物保护

[中图分类号]K879.2 [文献标识码]A [文章编号]1005-3115(2012)04-0108-03

石窟寺是历代人们进行以佛教为主的宗教活动的场所。我国石窟寺院大都依山傍水,环境十分优雅。石窟寺是集建筑、雕塑、壁画三位一体的立体艺术宝库,具有很高的历史、艺术和科学价值,是人类重要的文化遗产和精神财富。

然而,在漫长的历史岁月中,石窟及其周围环境不

断受到自然与人类活动的破坏,产生多种病害,其中水害是影响石窟长期保存的重要因素。水害的形成既与石窟载体自身性质有关,又受各种不同类型水的直接影响,在内外因共同作用下产生多种形式的病害。我国许多著名石窟,如龙门石窟、云冈石窟、麦积山石窟等均长期深受水害影响。由于水害对石窟危害严重,病害成因

信仰,甚至自然景观、自然资源等,因此,在制定古城保护规划时,应该充分注意保护古城这些独具特色的丰富资源。只有制定好这些保护理念,才能吸引不同文化领域的旅游资源,才能在保护古城的基础上提取它的精华来建设我们现代新的城市。

### 3.保护古城区域文物古迹与现代建筑的协调性

由于历史原因,对于中国的多数古城保护工作来说,都面临着城市区域文物古迹与现代建筑不协调的问题。这就需要政府部门在进行城市规划时把握好古城的历史定位,立足于古城的长远发展,在发展城市的过程中注意新建筑的高度、色彩、建筑形式等等是否与古城的文物古迹相协调。在欧洲,许多古城的房子也被改造过,由于他们更多地关注于古城的历史面貌,注意建筑外观的协调性,所以只在内部进行改造,取得了较好的效果。

### (四)保护古城要发挥政府引导,全民积极参与的保护体制

近年来,随着国家对文化遗产保护工作的重视,古城保护工作也日益受到地方政府部门的重视,这一点扬州做的比较成功。扬州古城包括13.1平方公里的唐宋城遗址

和5.09平方公里的明清古城,在古城保护中,扬州确立了全面、整体、原址保护古城,另辟新址建新城的思路,以推进“瘦西湖及扬州历史城区”申遗为主线,传承和展示历史文化,改善老城区居住环境,提升城市文化品位等方面取得了明显的成效。2006年,扬州市因在古城保护和人居环境改善方面取得的巨大成就,成为当年中国惟一荣获“联合国人居奖”的城市。扬州市的做法也得到国内专家的肯定,被誉为“扬州模式”。

总体而言,树立科学保护和可持续发展的理念,坚持文物保护工作方针,制定详细的保护规划都是在政府部门层面上通过努力就可能完成的工作任务,因此,古城保护必须发挥政府的主导作用。

人民是城市的主人,是城市生活的主体,古城是历史留给城市人的珍贵遗产,保护古城遗留下来的优秀文化遗产是古城人民不可推卸的神圣使命和职责。因此,古城保护工作要逐渐形成在不同地方政府的带动下,引导全民积极投入的保护体制。只有发挥政府引导的作用,才能带动全民普遍参与的热情,才能共同保护我们的城市遗产,建设中国自己的、独具特色又富有成效的古城保护机制。

### [参考文献]

- [1]孙睿宏.苏州古城保护现状及建议[DB/OL].<http://wenku.baidu.com/view/0d5da8f6ba0d4a7302763ab1.html>.
- [2]葛剑雄.文化——地域文化的形成[DB/OL].<http://www.stuknow.com/dirlist/10008/88ed18e5dea25fe7684f9c721b74526d.htm>.

- [3]徐善灯.文化遗产与可持续发展——古城保护的扬州模式之启示[J].城市问题,2009,(11).

复杂,防治难度较大,目前石窟水害防治已经成为石窟文物保护中的重点和难点。目前,国内对于石窟水害的治理方法都是通过具体工程进行的,很少有人对其进行总结和归纳。本文试图通过对大量工程案例的总结,对石窟水害的治理方法进行一次较为全面系统的整理和归纳,希望能对以后的石窟类文物保护工程提供参考。

## 一、石窟水害治理理念

### (一)重视地质勘察

石窟赋存的地质环境是其产生水害的内因,对于石窟水害的治理,首先要通过详细的地质勘察了解石窟各种类型水的储存和运移规律,然后据此有针对性地设计治理方案。一般需要首先调查清楚石窟载体的地形地貌、地质构造、岩石性质等,然后运用水文地质相关理论进行水害成因分析。对于石窟载体的地质勘察,常采用现场调查测绘结合现代物理探测技术进行,并对调查结果进行计算机模拟与分析。如在龙门石窟潜溪寺的岩体构造研究中,采用地震折射层析法、高密度电法、地质雷达等物探手段,结合实地调查结果进行反演和综合分析,证实了窟顶南侧坡体由于节理裂隙发育、岩体风化严重,岩体相对比较破碎,导致各种物理数值差异,据此证明这一区域是导致潜溪寺窟内渗水的主要水源区之一。

### (二)对石窟本体尽量减少干预

少干预是一切文物保护工程都必须遵循的基本原则,对于石窟水害的治理,要尽量减少对石窟本体的干预,优先考虑通过对周围环境的治理或对载体的干预来达到治理的目的。如果必须干预,则尽量采取对石窟本体伤害最小的工程措施或隐蔽性工程措施,注意石窟原状的保存。所有工程措施都必须以不危害文物为前提,并注意对石窟周围自然和人文环境的保护。

### (三)多种手段综合治理

由于石窟载体自身结构和地表水、地下水、凝结水等储存与运移情况的复杂性,治理石窟水害要采取多种手段,发挥多种方法的协同作用来达到较好的治理效果。既要排,从根本上减少水的来源;还要堵,减轻水患。排和堵的中心目的都是减少窟内各种类型水的总量,减轻石窟水害。排可分为窟外排水和窟内排水,堵可分为堵来源和堵出口。根据龙门石窟渗水治理经验,不应将窟内封堵作为首要的治理措施,它对于渗水严重的洞窟只能起到短期减缓水害的效果,而从长期效应来看,在一定程度上还会对石窟形成新的破坏。因此,建议首先采取外部封堵、外部疏导和内部疏导的措施,待渗水量明显降低后再考虑内部封堵。由于“堵”总会使水从其它薄弱环节出露,所以要以排为主,以堵为辅,多重防护。

### (四)动态治理

石窟崖体内各种类型的水是活动的,不断变换运移

路线,想要一次性将渗水根治是不现实的。因此,要有动态治理观念,加强日常监测,及时进行维护治理。龙门石窟在20世纪80年代治理窟内渗水时初见成效,以后多年未见渗水,但近年来窟内渗水又严重了,原因是灌浆及防渗材料老化,温差应力又将裂隙拉开。对大足北山及宝顶山两处水患经40多年不间断的治理,部分地方还在渗水,只能起到很大的改善作用,做不到根治。

## 二、古代石窟水害的治理方法

古人在开窟造像时不仅考虑到了石窟建筑形制的美观,而且为了其能够长久留存还专门设计了一些保护性设施。尤其在降雨较多的南方和中原地区,一些构造精巧的排水设施至今仍为我们后人惊叹,同时也为我们更好地治理石窟水害提供了经验和灵感。

### (一)窟顶开凿排水沟

石窟一般开凿于崖壁,雨季强降雨产生的地表径流常汇集起来沿崖面下泻,长年累月的雨水冲刷必然会影响到洞窟的安全。古人在修建洞窟时已经考虑到了窟顶的排水问题,他们根据窟顶地形和洞窟形制设置排水沟,减小降雨所带来的水患。如龙门石窟奉先寺大佛,开窟时因规模太大采用了像龕形式,如此势必会造成降雨时山坡汇集的地表径流不断冲刷佛像,为了避免这种情况,设计者在像龕顶部山体上修建了两条“人”字形排水沟,排泄坡面汇集的雨水。

### (二)修建防雨窟檐

窟檐是古代石窟造像中最常见的防雨设施,主要有三种作用:第一,防止窟顶雨水直接冲刷造像,减少崖面雨水浸润;第二,防止窟内温湿度剧烈变化,保持窟内环境稳定;第三,装饰美化洞窟。古代石窟窟檐多为木构建筑,因常年风吹日晒或毁于战火留存下来的很少,仅在一些崖面上残存部分梁孔、柱洞和石质构件等。古代修建的防雨窟檐大致有三种形式:第一种是开窟时先开凿窟檐,在窟檐内开凿洞窟,窟檐不作任何装饰,深度一般在0.5米以上,这是唐代的盛行做法;第二种是在洞窟外壁上部雕刻出仿木屋檐,这种窟檐一般较浅,深度一般在0.5米以下;第三种是在窟外架设雨棚,即在洞窟外壁上部开槽,将石板嵌入槽内,为外壁遮风挡雨。

### (三)其他排水方法

排水是为了保护洞窟,但古代工匠们并不满足于简单将水排除了事,他们善于根据地形,结合造像内容,加以巧妙安排。例如在大足石刻宝顶山圆觉洞内,洞窟上层渗水通过壁面的排水沟进入左壁上层雕刻的一条龙内,龙头伸向一托钵僧的钵内吐水,水从僧人手臂中的管道泻入岩壁内的暗沟,最后注入地面正中的地下排水沟排出洞窟。乐山大佛在凿刻时工匠们精心设计了两套排水系统,将佛身地下水和表面降水排出。佛身由于岩

间裂隙形成了地下水通道,为克服山体地下水下渗,在大佛背后开凿了三层排水廊道将水导入岷江。对于佛身表面降水,排水系统位于大佛头顶至右臂,它很好地排出佛身胸部以上的大气降水和深处的地下水。其中头部发髻造型构成两层排水渠道,而胸部的袈裟造型与排水沟有机结合,将来水导入右腹部排水沟,最后通过大佛右脚外侧直接导入岷江。

### 三、现代石窟水害的治理方法

水害是我国石窟普遍存在的一类病害,关于石窟水害的治理也是石窟保护中的技术性难题,近年来,国内在石窟水害治理方面开展了不少研究工作和工程实践。本文根据近年来国内一些石窟水害治理案例,对石窟水害的治理方法进行了较为系统的总结与归纳,分为排和堵两方面进行介绍。

#### (一)排

1.窟顶坡面上修建排水沟,减少整个窟区因降雨带来的水源补给

排水沟的位置、走向、坡度、形状等应根据地形灵活设计,保证最大降雨时排水通畅,注意要与石窟周围景观保持协调。对于不影响观赏的大部分山体,可考虑采用导水明渠、硬化地面等措施将降水迅速疏导出,减少积水时间。对于不宜修建导水明渠的区域,如石窟分布区,可以结合地形合理设置导水暗道,将局部地区的积水导出窟区,减少雨水的下渗量。浚县千佛寺石窟曾对石窟岩顶作封护处理,采用环氧砂浆补砌岩顶低洼处,并做出西高东低的缓坡,使雨水在岩顶由东壁流下,减少了雨水对西壁摩崖造像的冲蚀。在石窟崖体上部修建排水沟也是拦截、阻断山洪对石窟冲刷的有效手段,龙门石窟曾在宾阳三洞和潜溪寺上方修建了一条排水沟,排水沟沿坡面走势,南高北低,将坡面汇集的雨水引至潜溪寺北侧,保证了这些洞窟不再受山洪冲刷。

2.窟前或窟内修建地下排水暗沟或排水井,疏导窟内渗水

窟内有地下水出露或窟底有基岩裂隙水运移时,可采取此项措施将地下水及时排出,减少地下水在窟内的滞留时间,降低窟内环境湿度。甘肃庆阳北石窟曾在窟前距崖壁3米处挖了一道深4米、宽1.6米、南北向长60米的渗沟,疏导窟下基岩水,减少了地下水积聚上渗反潮,从而降低了窟内湿度。沟底设置5°的排水坡,在盲沟北端修建积水井,同时在积水井底部设置仰斜排水孔,将地下水排出石窟区,达到降低窟前地下水位,加速基岩裂隙水的运移和排泄的目的。

3.岩体层间裂隙水或地下水位附近设置仰斜排水孔,或通过隧洞排水

此类方法可以排出洞窟深部基岩裂隙水或赋水层

内水,从而减轻洞窟渗水来源。排水孔的布设须在查明岩体裂隙发育和裂隙水存储、运移路径的情况下,根据对窟内渗水裂隙渗水量长期监测之后才能进行专门设计。张掖马蹄寺石窟为降低7号窟所在岩体附近的地下水位,从而减轻洞窟的潮湿问题,曾在7号窟外的斜坡处设置了6个仰斜排水孔,孔径110毫米,孔深50米,仰角4°,方向垂直于崖面,内置PVC排水花管用以汇集和排出岩体内的裂隙水。在岩洞堆积体处也设置了5个仰斜排水孔排出地下水,单孔深30米,孔径110毫米,仰角10°。中国文化遗产研究院曾与大足石窟艺术博物馆合作,针对北佛湾渗水病害严重地段设计了排水隧洞。该隧洞全长约100米,距石刻立壁前缘8米,与立壁走向大致平行,隧洞南北两端均向东转折。隧洞采用自流排水的方式,顶部补打了140余个放射状钻孔,提高了排水速率。观察结果表明,排水隧洞有效地拦截了地下水沿裂隙的侧向渗流,降低了该地段的地下水位,使地下水位低于石窟底板,石刻立壁不再渗水。

#### 4.垂直越流井群排水疏干

即在同一含水岩组中打漏水井,疏干上层滞水。在垂直地下水流方向上打一排排水孔,排水孔孔深要求打穿上层岩体含水组与下伏层岩体含水组之间的区域隔水底板,使上覆高水位岩层中的地下水垂直越流,漏入下伏低水位岩体含水岩组中。通过自然排水,降低上层岩体中的地下水位,使之形成疏干漏斗群,改变地下水流场。此方法可改变石窟区地下水的渗流场,从整体上降低窟区的地下水位,但排水孔孔深一般较大,工程量大,对石窟的整体环境会有一定影响。

#### 5.负压井调节岩石包气带湿度

在石窟后缘一定距离内打一定深度的井排,利用真空泵对井排造成负压,使岩石包气带内形成一个负压区,使石窟陡崖后缘岩石中的水汽不断向负压区聚集,并通过排气装置使之散失,这样就增加了石窟岩体的干燥度。由于地下水受地温蒸腾作用影响,形成的水汽被封闭在地下,不能向地表散失。如此,岩石中的水汽必然向石窟陡崖临空壁面运移,与大气形成交替带,此交替带会形成凝结水而对窟壁岩石产生破坏。通过负压井井排这套设施,可以改变岩石中水汽的运移方向,使之向负压井排的负压区运移,并通过排气装置使之散失,降低岩体湿度,减少或阻止石窟陡崖区岩石中凝结水的形成和聚集。

#### 6.崖壁冲沟整治

石窟崖壁冲沟是自然形成的排水通道,应当进行适当整治,在不破坏石窟的情况下充分发挥其排水功能。对于规模较大且局部发生塌陷的冲沟,应选择合适的持力层进行土坯或岩块砌补,砌补不宜过量,保持与崖体



的原貌协调, 然后进行汇水区和水流通道表面平整, 形成一定的坡度以利于排水。如果有条件可选择适宜的防风化加固材料, 对冲沟表面进行加固, 提高冲沟表面的强度和防渗性能。

## (二)堵

### 1.修筑防洪堤

我国大多数石窟都紧邻河流, 在洪水季节河流对石窟崖体坡脚会产生冲刷掏蚀破坏, 使崖体上部悬空, 或者泡软岩体使石窟崖体底部承载力下降, 最终都会影响到石窟的整体稳定性。此外, 还有可能发生河水上涨淹没或淤埋洞窟, 对窟内文物造成严重损害。因此, 修筑防洪堤防止洪水对石窟的破坏是很有必要的。在防洪堤设计时, 首先要保证其功能性, 同时一定要注意防洪堤的外貌要与石窟周围环境相协调。近年来, 榆林窟、柏孜克里克石窟、炳灵寺石窟等都曾设计建造了防洪堤阻挡洪水。

### 2.修复窟檐雨棚

窟檐不仅起美化装饰洞窟的作用, 更主要的目的是遮挡大气降水, 防止雨水直接冲淋侵蚀窟壁和石窟造像。此外, 窟檐还利于保持窟内环境的稳定。因此, 对部分洞窟窟檐雨棚进行修复是有必要的。然而对于窟檐的修复一定要把握好保持文物原状的原则, 根据现存的遗迹现象和考古资料进行设计, 窟檐的形制要与石窟周围整体环境相协调。

### 3.窟顶修建防渗层

洞窟顶部防渗层可阻止降雨及其产生的地表径流直接下渗, 减少大气降水带来的水源补给。对于防渗层的设计, 要通过现场测试及模型试验研究清楚洞窟顶部

覆盖层的覆盖物成分、渗透性、厚度分布等, 确定需处理的地段, 选择适宜的防渗处理措施, 并结合排水进行。榆林窟曾于 1995 年揭取了窟顶原有的混凝土防渗层, 新建三合土防渗层, 西高东低进行找平, 并与洞窟向东 30 米处平行于崖面的排水沟相连。此项工程不仅能将雨水及时排出, 渗入地表的雨水也能很快蒸发, 而且很好地保持了石窟原貌。敦煌研究院也曾对北石窟部分窟顶上部坡面岩体喷涂 PS 材料进行防水防渗处理, 以保持岩体内部干燥, 具有一定效果。

### 4.注浆封堵渗水裂隙

注浆对石窟裂隙起加固和封堵作用, 它可以根据需要在岩体中形成防渗层和封堵裂隙水入渗或出渗, 达到阻水目的。一种堵的方法是堵入口, 治理的关键在于对主要入渗部位的层面裂隙及卸荷裂隙进行封堵。另一种堵的方法是堵出口, 主要针对洞窟内部的可见裂隙, 特别是渗水裂隙进行灌浆、封堵。注浆材料、压力、注浆孔布置等必须通过类似场地的实验研究来确定。在龙门石窟渗漏水治理工程中就采用了此方法, 当时效果良好, 但现在由于灌浆材料老化、裂隙发育等导致渗水问题又出现。

## 四、结语

解决石窟水害治理这一技术性难题, 首先, 要在文物保护原则的基础上形成正确的保护理念。其次, 总结归纳古代和现代已经成熟的保护方法, 并进行新方法的探索, 不断提高研究深度。最后, 在保护理念的指导下, 借鉴成熟的保护方法, 从排和堵两个方面采取合适的工程技术手段去实现保护目的。

## [参考文献]

- [1]李最雄.丝绸之路古遗址保护[M].北京:科学出版社,2003.
- [2]肖碧,王逢睿,李传珠.石窟水害成因分析及治理原则[A].古遗址保护国际学术讨论会暨国际岩石力学学会区域研讨会论文集[C].2008:170~174.
- [3]严绍军,方云,孙兵,等.渗水对龙门石窟的影响及治理分析[J].现代地质,2005,19(3):475~478.
- [4]黄克忠.石窟寺保存修复的理念与技术[A].2005年云冈国际学术研讨会论文集[C].保护卷:22~27.
- [5]高东亮.龙门石窟古代的保护方法及其借鉴使用[J].雕塑,2008,(4):44~47.
- [6]吴宝燕,张爱国,朱丽君.云冈石窟水害及其治理措施[J].地下水,2008,30(3):116~118.
- [7]余蔚茗,李树平,田建强.中国古代排水系统初探[J].水与社会,2007,(4):51~56.
- [8]杨华南.浚县千佛寺石窟病害原因及保护措施初探[J].原文物,2003,(5):82~84.
- [9]宋文玉.甘肃庆阳北石窟寺病害分析及防治对策[A].2005年云冈国际学术研讨会论文集[C].保护卷,2005:116~121.
- [10]孔德刚,王逢睿.张掖马蹄北寺石窟病害成因分析及治理工程[A].古遗址保护国际学术讨论会暨国际岩石力学学会区域研讨会论文集[C].2008:426~433.
- [11]方云,魏海云,王金华.隧洞排水法治理大足石刻渗水病害[J].现代地质,2001,15(3):351~354.
- [12]张红梅,马国栋,速宝玉.大同云岗石窟文物渗水病害防治方案探讨[J].水文地质工程地质,2004,(5):64~67.
- [13]满君.柏孜克里克石窟崖体稳定性及加固措施[D].兰州:兰州大学土木工程与力学学院,2010.
- [14]崔惠萍.北石窟寺研究成果述论[J].丝绸之路,2009,(16):34~38.
- [15]李心坚.龙门石窟保护中的灌浆技术[J].雕塑,2008,(6):36~37.