

# 天龙山石窟保护存在的问题与对策

乔旭亮

太原市文物保护研究院 山西 太原 030025

**[摘要]**目前,天龙山石窟的保护还处在初级阶段,如何优化天龙山石窟保护效果将成为当前值得重点思考的内容之一。天龙山的岩体张开节理比较发达,由此将直接导致岩体的连续性遭到破坏,并形成断裂、位移和松散等问题,这将会导致石窟出现坍塌现象。本文谈通过排水、加固和窟檐的施工,可以有效的解决这些问题。本文将对天龙山石窟保护中存在的问题提出通过排水、加固和窟檐建设的方式进行优化,以期更好地提升保护效果。

**[关键词]**天龙山;石窟;保护;文物

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6288.2020.03.1258

## 1 引言

天龙山石窟坐落在太原市西南40km处,距今约1500年。东魏534年到唐朝末期,天龙山石窟的发掘历时四个朝代500余年,是我国早期石窟发展的一个重要标志。自从1957年天龙山石窟被列为全国首批重点文物保护单位后,对天龙山地区的保护工作得到进一步的发展。然而,由于对石窟的关注不够、资金的限制以及天然的侵蚀等原因,使其整体的保护效果依然处于有待优化提升的阶段,因此对其保护措施进行探究将具有必要性。

## 2 天龙山岩体破坏情况

第一,天龙山石窟所依托的是灰白色、颗粒细小、主要成份为石英、硅质的岩石,其整体的结构致密、断面粗糙、棱角锋利、开放节理十分发达。但由于岩体的受力将极易导致其出现变形现象,并且也将使其连续的完整性遭到破坏,从而导致石窟处于不稳定的状态。

第二,张开的节理在岩石中形成非常显著的纵向裂隙,裂隙可以吸收大量的地表水分,同时也可以储存土壤和岩石。岩层顶端有许多松树,有些树根深入岩石缝隙,由此将需要吸收更多的水分,而裂缝是补充水源的主要通道,树木多,裂缝多,吸水多,石窟将容易出现断层和变形问题。

第三,石窟下的基石是一种强烈的风化砂质页岩,其色泽往往是深棕色和绿色,泥质砾岩相互交织,并以铁为胶结。铁在水中容易发生氧化,使岩层疏松,无法承载上部岩层的压力,从而引起岩体的滑落和崩塌。

## 3 天龙山石窟保护中存在的问题

### 3.1 风化现象严重

天龙山石窟岩质主要是灰白砂岩、砂岩,砂岩的孔隙度大,岩石结构松散,力学性能较低,由此将使得难以有效抵抗各种外部环境的侵蚀,因此,风化是造成石窟受损的主要原因。天龙山地处大陆性季风区,常年刮北风,平均风速2.6m/s。在春冬季节大风多,夏秋季节雨水多。石窟附近气流强,每年有45~50次8级以上的强风,其中春天的风力强度往往相对较大,10分钟的最大风速是25m/s,瞬间最大风速是40.5m/s,风力等级是12级。

天龙山石窟坐落在西峰的西面,西峰是一个多风的斜坡,根据地势高低对速度的影响,西峰上有一片风化层,而且还处于继续侵蚀的状态。通过对石窟洞围的实地考察,可以看到石窟四周的岩壁普遍存在着片状的风化现象,而在较

小的和较浅的石窟中出现粉末状的风化。经岩样化学成分分析,石窟中的岩石由高岭土、伊利石、褐铁矿、铝矾土、蛋白石等多种亲水矿物组成,岩石从晶体结合到疏松,岩石的物理机械特性发生急剧的变化,岩石在外部载荷的作用下出现大片的剥落,造成石窟自身的严重变形。

### 3.2 雨水侵蚀严重

在腐蚀破坏因子中,水可以作为介质。东亚季风对天龙山地区的气候有一定的影响,年降雨量大约450mm,而随着海拔的上升,降雨也会逐步增多,最高处达到500mm,并且主要发生在6~8月。结果表明,由于降水较多、较密集,天龙山石窟周围岩体的渗水性增加,亲水性增强,抗水性也将呈现降低现象。

而由于天龙山的岩石结构较差,加之岩石结构的不规则,大量的雨水会冲刷、侵蚀周围的岩石,导致岩石自身稳定性降低,对没有遮挡、垂直于墙体的石窟产生很大的损害。由于这些因素,岩石原本的晶体结构已经发生变化,变成粘合、松散的状态,原本的矿物也变成了亲水的矿物,石窟的上方则是一层风化的岩石,强大的吸水性和长期的浸泡,让雨水从石窟中渗透进来,腐蚀石窟。

石窟前的风化积聚使石窟水位升高,雨水冲刷后,石窟水流倒灌,造成洞底塌陷、开裂。监测结果表明,由于天龙山地区的大气降雨具有弱碱性,在排泄过程中,会与天龙山的酸性物质发生作用,使一些岩体中的盐份被溶解,从而造成岩体出现不稳定的现象。

### 3.3 岩体裂缝威胁严重

近几年来,天龙山石窟附近的裂隙和崩塌的岩石时有发生,这将对石窟的生存造成极大威胁。结果表明,从外表看,天龙山山具有较好的岩石结构层理,但其自身抗压、拉、剪强度均较差。由于地层间沉积物性差异,也将形成横向的分层裂缝。随着时间的推移,岩石表面的裂纹会不断扩大。石窟石窟周边植被资源丰富,随着海拔高度的增加,植物群落的平均指数逐渐降低,其中以根密度较高的侧柏和灌木为主。裂隙中的岩层和土壤将会加速植物的生长,导致岩层的裂缝扩大,对石窟的保护和安全造成极大的影响。

## 4 天龙山石窟保护的对策

### 4.1 建设排水工程

该项目主要解决山顶和石窟雨水的排放问题。解决排水工程的首要问题是保护好树木,原则上要根据具体情况,

把影响排水的树木的根系全部清除。顶部排水方案则需要设置从顶部到底部的网沟与洞顶之间的主排水管,水口设置在洞顶两侧不会对石窟产生影响的低洼处,视地形可采取明、暗、渠相结合的方式进行。网状沟渠施工应依山而行,水流速度要快,由高到低,形成天然斜坡,然后根据地势疏通渠道。

在土质较深的地方,为了避免过多的渗漏问题出现,可以用草皮覆盖。在冲力较大的地区,应采用石块铺设沟渠,并对沟槽底部进行防水处理。在已排出的斜坡上,如果土壤未被覆盖,或暴露的岩石和裂缝处,可以采用水泥砂浆进行灌浆。

主渠道施工采用块石混凝土砂浆,并做好防渗、防漏、外观等方面的综合协调工作。对于洞前立墙上部冲水过大使壁面的水蚀,可以在顶部加一层盖板,以尽量减小水流冲刷。从排水管排出的水要汇集到山脚,洞前的道路要尽量减少水的滞留,也不要再在沟渠里放水。

### 4.2 山体加固

以往仅重视岩壁的加固,而忽视岩壁的加固,导致石窟崩塌的例子屡见不鲜,如敦煌莫高窟,永靖冰灵寺石窟,天水麦积山石窟,大同云冈石窟等。除了岩体本身的因素,天龙山石窟还受到水、树根、风化岩层等因素的影响,若不加以有效的治理,石窟将难以得到有效的保护。天龙山东西两峰山体的三种类型和可采取的相应的技术措施:

第一,因岩层节理的发展而形成的断层,其岩层纵缝宽度都超过20cm。而且,从上往下都由破碎的风化页岩组成。为了使山体的整体稳定性提升,还需要通过采用钢筋锚杆进行拖拽、填埋、注浆、封堵石窟周边的方式有效防止竖向裂缝问题的出现。填料更多采用的是块石、片石、水泥砂浆以及环氧砂浆,由此使得整体的山体加固效果能够得到优化提升。石窟内部的裂缝往往是导致崩塌问题出现的重要因素,比如西峰的十号和二十一号石窟,这些石窟在表面上存在的裂缝问题较为微小,但是石窟内部却出现严重的崩塌,这种情况可以通过下挖上填的方式进行加固,期间可以用块石环氧砂浆在石窟的缝隙中填入的,然后在石窟的缝隙中填入块石,然后再在石窟的石窟处注入混凝土,最后在石窟的竖壁处加入钢锚杆,由此更大程度上提升山体加固的效果。

第二,如东峰西侧,因胶质结构氧化而导致的崩塌风险往往相对较大。该路段从公路到山顶高度超过20多米,全山体都是风化的碎石,而在上方则是被裂缝切成的峭壁,由此将极易导致其出现崩塌问题。为了有效确保工程的安全性,本路段的抢险加固工作可以从上往下进行。首先,将危险的峭壁用拔出和锚杆进行牵引,然后再进行刷坡,再用水泥和砂石砌筑承重墙,以便将整个岩层都填满。对于大面积的砂砾层,也可以采用悬挂式喷砂工艺进行处理。加强后的山体需要具备排除危险、顺应自然、和谐统一的作用。

第三,石窟下部因岩体构造胶结物受损而形成的风化层(带)最多,西峰最明显。风化层(带)中的空蚀还在继续发展,这将导致洞穴出现损坏问题。根据目前的风化程

度,加固的办法是将表面风化的碎石挖出来,或喷洒化学物质进行强化,最后再用块石和水泥砂浆进行修补。

上述所有加固工程的最后一步就是表面修补,凡是补砌、填砌等等,石头表面都要留出3~5cm作为旧层。制法的要求是新旧岩层的颜色要和谐,表面要顺滑,不要抹平,同时还需要有天然的石头效果。此外,天龙山石窟中除了大型的构造裂缝外,还存在着一到两厘米宽的微小裂缝,这些裂缝主要分布在石窟,对石窟造成的破坏往往相对较大,由此将可以用化学物质填充这些裂缝。石窟内地表由于节理发育而形成裂缝,有些裂缝宽度为3~5cm,可分别用砂石或块石进行灌浆。

### 4.3 窟檐建设

天龙山石窟地质条件复杂,岩性以砂岩为主,由于长年风吹日晒和雨水侵蚀,岩石表面极易出现松软以及风化剥蚀问题。所以,只有在对山体进行加强的基础上强化窟檐建设,才能够更好地确保石窟本体的整体风貌。天龙山石窟保护性建筑大体可分为三种类型:

#### 4.3.1 石构窟檐

一些石窟的尺寸比较小,可以用当地的砂石、水泥砂浆(加上砂石粉末)进行建造,既简单、美观,又与石窟主体融为一体。天龙山的石雕主要是指白龙洞西边的三块石刻,并无保护作用。云阳贺邦泰的“留”字,是明朝山西按察司副使所题的“览胜留题”。考虑到与周围环境的协调,可以建造石头或木制的防护屋檐。

#### 4.3.2 木构窟檐

为了保护和美化石窟,可以在石窟的外壁上修建木质建筑,比如莫高窟的九层楼,云冈5、6窟的建筑楼阁就是古代巨大木质建筑的代表。天龙山1, 8, 9, 14, 15窟都适合修建木构窟檐。

#### 4.3.3 栈道型窟檐

天龙山石窟设置木栈道,其功能设计主要是为了安全、方便参观和调查,但部分栈道的设计也考虑到防水的效果,并在下部的石窟和外部墙壁上雕刻装饰,以达到遮挡雨水的效果。比如第16、18、2、3窟的上层4个廊道,修复石窟时要考虑保护窟檐,2、3号栈道的上层四窟与2、3窟的保护性窟檐相融合,既是栈道,又能够凸显防水效果。

## 5 结语

综上所述,由于天龙山石窟现存的风化、雨水冲刷以及岩体裂缝等因素都将对石窟造成损害,由此强化对天龙山石窟的保护工作将具有必要性和迫切性。因此在加强国家的政策和扶持措施的同时,将需要通过排水工程建设、窟檐建设、岩体加固等技术措施实现对石窟的有效保护,进而为推动我国石窟文化遗产保护工作深入发展奠定良好基础。

### 参考文献

- [1] 谢强, 姚远. 天龙山隋代石窟保护研究[J]. 文物世界, 2018(05): 18-21.
- [2] 杨东东, 吴文清, 高策. 天龙山石窟营造工艺探析[J]. 中国科技史杂志, 2018, 39(04): 427-434.