

Study on the Seepage Mechanism and Prevention Methods of Sanyou Cave Inscription Area of Yichang City

Qing Li¹, Deshan Cui²

¹Management Office of Sanyou Cave in Yichang City, Yichang Hubei

²China University of Geosciences, Wuhan Hubei

Email: 273890308@qq.com

Received: Jul. 11th, 2018; accepted: Jul. 26th, 2018; published: Aug. 2nd, 2018

Abstract

The Sanyou Cave inscription is located in Xiling gorge of Yangtze River. 47 Cliffside carvings found in Sanyou Cave were awarded as national key cultural relics of China in 2006. With the long-term influences of natural process and human activities, the Sanyou Cave shows serious seepage diseases, which is not good for long-term preservation of the Cliffside carving. In order to explain the mechanism of water permeation, the investigation of hydrogeology and karst was carried out in site. The lithology of stratum, types and burial conditions of groundwater and fracture characteristics in Sanyou Cave were identified. Basing on the investigation of recharge, runoff and drainage of groundwater, the hydrogeological model for Sanyou Cave had been established and the seepage mechanism on the Cliffside carving was evaluated. Finally, the prevention methods and suggestions were given to protect the cliffside carvings.

Keywords

Sanyou Cave Inscription, Seepage Disease, Hydrogeological Model, Prevention Methods

宜昌三游洞摩崖题刻渗水机理及防治对策

李 青¹, 崔德山²

¹宜昌市三游洞管理处, 湖北 宜昌

²中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉

Email: 273890308@qq.com

收稿日期: 2018年7月11日; 录用日期: 2018年7月26日; 发布日期: 2018年8月2日

摘要

三游洞位于宜昌长江西陵峡峡口, 现存摩崖题刻47处, 2006年被国务院列为第六批全国重点文物保护单位。在长期的自然营力和人类活动的影响下, 三游洞摩崖题刻产生了严重的渗水病害, 造成题刻起壳、剥落, 不利于摩崖题刻的长期保存。为研究三游洞渗水病害的机理, 进行了三游洞水文地质和岩溶调查, 查明了三游洞景区的地层岩性、地下水类型、埋藏条件和裂隙发育规律, 揭示了地下水的补给、径流和排泄的规律, 建立水文地质模型, 分析了渗水机理, 提出了病害防治对策。

关键词

三游洞题刻, 渗水病害, 水文地质模型, 防治对策

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

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



Open Access

1. 引言

三游洞在湖北省宜昌市西北十公里西陵山北峰的峭壁之间, 背靠长江西陵峡口, 面临下牢溪, 坐南朝北[1], 如图1所示。宜昌三游洞历史悠久, 据史料记载, 唐元和十四年(公元819年), 诗人白居易作诗书于洞壁[2]。到了宋代嘉祐元年(1056年), 文学家苏洵、苏轼、苏辙父子三人途经夷陵, 寻胜游洞, 赋诗唱和[3]。除此之外, 还包括抗战题刻[4]。三游洞地势险峻, 下临深谷, 峭壁百丈, 形若穹厦。洞室开阔, 宽约30 m, 深约20 m, 高约6 m。洞中分前后两室: 前室明旷, 诗文满壁。后室幽奥, 陈列有白居易、白行简、元稹三人的汉白玉石刻像。三游洞为湖北省重点文物保护单位, 是宜昌市峡口风景区的一个重要组成部分, 2006年被列为第六批全国重点文物保护单位。

历经数百万年岁月的洗礼, 在各种自然、地质营力长期作用及人类活动影响下, 三游洞及保护区范围内发育形成了危岩体、渗水、表面起壳、剥落等工程地质问题和病害, 严重威胁游客的人身安全及题刻的长久保存。杨毅[5]曾对三游洞50余处题刻的风化程度及风化产物进行了分析, 但对渗水病害机理分析较少。而石质文物的病害防治必须重视对地质环境的研究, 地质环境的研究是彻底根治病害的前提[6]。本文首先查明了三游洞渗水病害的类型及其成因, 给出三游洞题记的水文地质模型, 揭示渗水病害形成的机理, 最后给出防治对策。

2. 题刻水害类型及其影响

题刻区水害类型有裂隙渗水、凝结水、坡面雨水, 其中裂隙渗水是对题刻影响最大的, 受裂隙渗水影响的题刻占总数的74.19%(如图2)。对三游洞共31块题刻进行调查后, 由裂隙控制的外室渗水环境, 导致了南壁17块题刻中有14块不同程度的遭受渗水及碳酸钙附着影响; 在东壁第二区内的4块题刻, 其赋存于裂隙发育的钟乳石上, 由于裂隙不断有地下水渗出, 导致题刻表面苔藓大量滋生, 题刻本体风化、溶蚀加剧, 碳酸钙附着; 西壁第三区的3~6号题刻, 受裂隙切割渗水及崖壁挂流影响突出。题刻区内高湿度气候, 题刻位于半开放的溶洞空间内, 由于空气不流通, 促进水汽凝结, 题刻表面形成凝结水, 苔藓及其它微生物生长, 受凝结水影响的题刻占总数的19.35%。



Figure 1. The complete picture of Sanyou Cave inscription area of Yichang City
图 1. 宜昌三游洞摩崖题刻区全貌

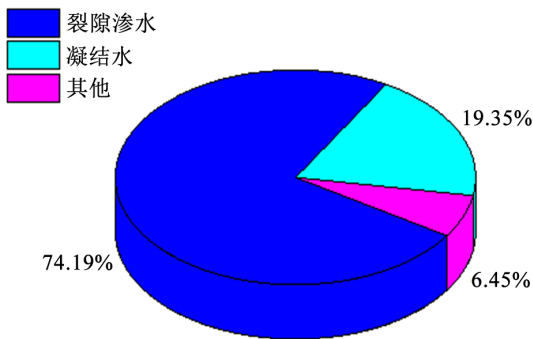


Figure 2. Statistics on the number of inscriptions affected by different water damages
图 2. 受不同水害影响题刻数量统计图

3. 题刻渗水机理分析

3.1. 地形地貌

三游洞摩崖题刻区在地貌上相对独立, 北西侧宜莲(宜昌市 - 莲沱)公路将其与西陵山体隔开, 北、南两侧下牢溪、长江下切形成深谷, 东侧由一相对缓坡与临江陡崖相接。山顶平台较为开阔, 由多块岩溶洼地组成(如图 3 所示), 是题刻区内直接接受大气降水、地表生活用水补给的源点。

平台接收的大气降水、生活用水补给, 沿岩溶裂隙下渗到三游洞内, 形成裂隙渗水, 在长江及下牢溪两侧会沿着崖壁面以挂流的形式向下方题刻区排泄, 形成面流。

3.2. 地质构造

由于区内岩体受构造运动影响变形强烈, 构造裂隙和卸荷裂隙较发育, 岩体完整性较差。围绕三游洞题刻区进行裂隙调查, 共统计出 41 条裂隙, 裂隙的玫瑰花图如图 4 所示。从统计结果可以看出, 区内裂隙以 NWW-SEE, NE-SE 向最为发育, 该结果与这一地区区域裂隙分布规律吻合。裂隙的发育控制了地下水的运移及岩溶发育环境[7], 区内岩溶洞穴的普遍发育与裂隙亦息息相关, 三游洞耳洞, 正是两组主要裂隙交汇之处, 加剧地下水汇聚, 加速白云岩溶解所致, 由于题刻区岩石裂隙发育, 为地表水提供了渗流到题刻周边的通道, 形成水害。

3.3. 地层岩性

宜昌三游洞摩崖题刻区地层主要由第四系覆盖层和寒武系上统三游洞群白云岩、灰岩组成[8]。由于洞室和摩崖题刻主要分布在白云岩中, 为了进一步分析摩崖题刻所依附白云岩的物理、化学和微观结构,

对研究区的白云质灰岩及白云岩进行物理力学测试, 化学成分、矿物组成测试, 扫描电子显微镜分析, 表明: 区内三游洞群地层可分三套: 上部为巴楚乐宫、至喜亭基础下部含碎石条带白云质灰岩, 抗溶蚀性能较强; 中部为出露于三游洞底部、顶部及陆游泉一带的细晶白云岩, 区内溶洞一般顺该层发育; 底部为白云质灰岩, 岩结构致密, 坚硬性脆, 不易风化, 但易被溶蚀, 在区内主要形成两侧陡崖。三游洞底部的细晶白云岩渗透性差, 阻止了岩溶裂隙水的下渗, 导致裂隙水在此层出露, 形成水害。

3.4. 渗水机理分析

由于三游洞顶板岩体与西陵山体完全隔开, 故三游洞内的渗水主要来自洞顶平台补给。

三游洞景区内大气降水及生活用水在重力作用下垂直下渗补给覆盖于三游洞顶部的残坡积层, 由于该层具有一定的孔隙, 故能存储部分渗水形成松散岩类孔隙水。一般来说该层土所储水量有限, 可形成季节性泉水, 其常沿第四纪覆盖层及下伏基岩层交界面处以挂流的形式出露。水化学分析的结果表明: 三游洞泉水中钙镁离子差异巨大, 说明区内岩石可溶性强, 且含有较多碳酸镁及碳酸钙化合物, 地下水的循环条件较好。按库尔洛夫分类标准, 石刻区地下水属低矿化度、弱碱性的重碳酸钙镁型: $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Mg}$ 水。

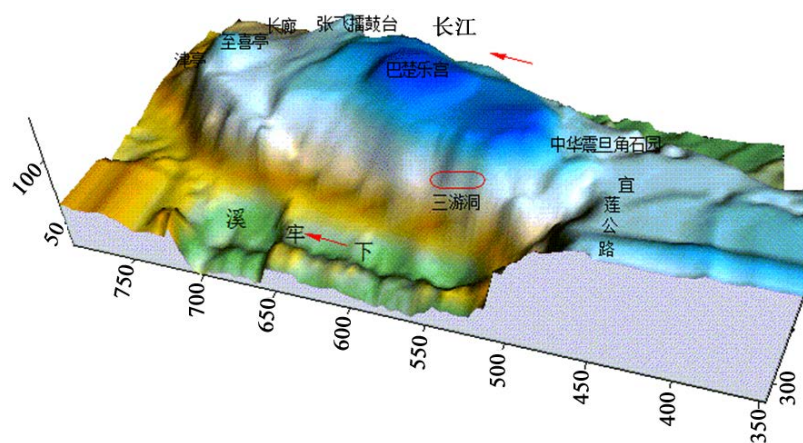


Figure 3. Three-dimensional surface morphology distribution map of Sanyou Cave
图 3. 三游洞三维地表形态分布图

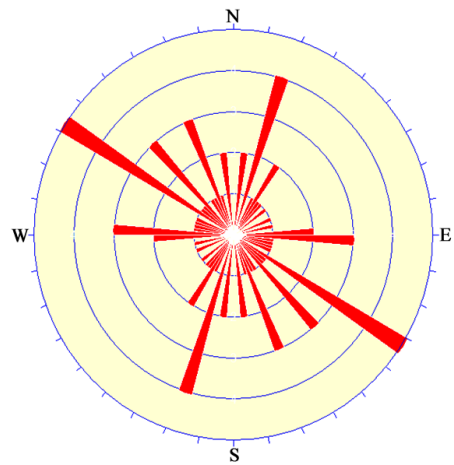


Figure 4. The rose diagram of Fracture statistics
图 4. 裂隙统计玫瑰花图

由于整个区内的最低排泄基准面位于长江,故更多的渗水将以巴楚乐宫及至喜亭一带的分水岭为界,向两侧沿着前期溶蚀形成的通道及构造裂隙继续下渗,直至遇到细晶白云岩层,因该层可溶性及渗透性均较差,故上部水流渗流至该层时流向发生突变,主要沿两套地层的接触面发生向最低排泄基准面的流动。当有裂隙切穿该弱透水层时,沿层面流动的水会继续下渗,直至遇到下一层细晶白云岩时,流向再次转为沿层面流动。当具备一定的排泄空间时,沿层面流动的水流将出露形成泉点。可将发育于上述这套白云质灰岩中的地下水定义为碳酸盐岩类裂隙溶洞水。由于该区内岩层整体北东倾,这决定了地下水沿层面的流动只能朝北东向,故其出露的地点更多只能在区内北东侧(下牢溪侧)。三游洞摩崖题刻水文地质剖面如图 5 所示。

4. 水害防治对策

4.1. 防治原则

4.1.1. 安全第一

水害治理措施应能有效保持摩崖题刻本体的稳定与安全状态;任何保护措施不得破坏文物本体,或对其构成威胁。

4.1.2. 以排为主,综合治理

坚持以疏排为主,堵截为辅,多种工程措施有机结合。主要采取将水导出文物区,防止直接堵截,产生过大的水压,造成新的出水点。

4.1.3. 源头入手,区别对待

由于彻底查明山体内部的渗水通道,难度较大,因此治理地表水相对简单,治理应考虑阻止地表水转化为地下水,从源头治理。同时,对石刻分布的区域作为重点治理区域,其他区域不予过多干预,防止改变区域水文条件,对文物区带来不利影响。

4.2. 洞内裂隙渗水防治对策

洞内裂隙渗水治理主要采取地面防渗铺盖、修筑排水沟、裂隙灌浆措施。包括:

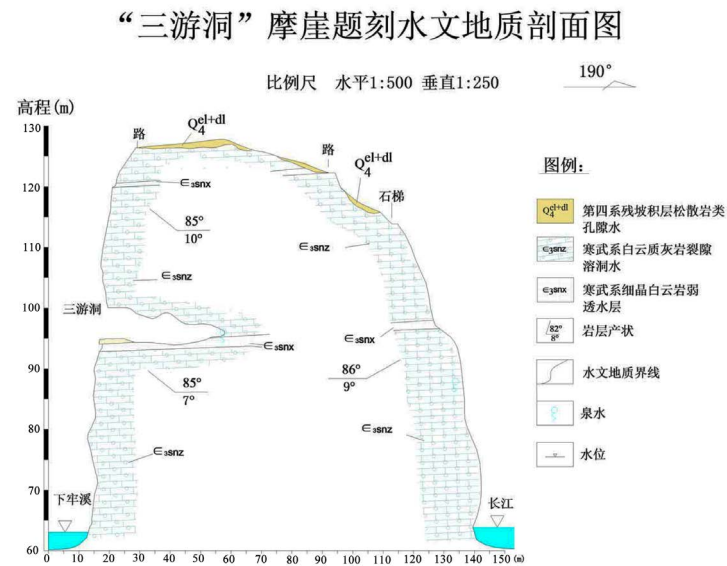


Figure 5. The hydrogeological profile of Sanyou Cave
图 5. 三游洞水文地质剖面图

1) 对三游洞山顶区域进行防渗铺盖, 阻滞地表水渗入岩体裂隙。铺盖材料选用膨润土防水毯, 具有体积小、重量轻、施工简便、抗剪强度和抗拉强度高与柔性好的特点, 可以较好地适应不均匀性沉降, 对人体无害无毒, 对环境无影响, 具有良好的环保性能。

2) 修筑排水沟, 在崖顶的修建以崖顶中心为最高点, 向四周呈放射状的排水系统, 沟底与防水毯搭接, 阻止雨水进入题刻区域, 将崖顶区域雨水及时排走。

3) 对题刻有影响的裂隙进行灌浆处理, 无影响的通道不进行处理, 作为天然排泄通道, 起导水作用。

4.3. 洞内凝结水防治对策

过大的湿度及洞窟内外的温差变化、通风状况等是凝结水形成的主要机理。因此凝结水的主要治理措施为:一是降低石窟内的湿度;二是加速石窟内空气与外界空气的流通。对洞内题刻的保护, 建议清洗受污染表面, 保持干燥通风环境, 对价值意义较高的题刻, 可采用一定的隔离手段, 如透明隔离箱密封, 避免其与空气直接接触。

4.4. 洞外雨水面流防治对策

三游洞外处于露天环境的石刻, 原有龕檐或引水槽因年代久远均已不同程度损坏或缺。针对此, 本工程石刻区水害治理设计与原水害防治措施一致。即采取在石刻上部设置龕檐和导流槽的方式, 各工程措施制式均与原设施观感保持一致。龕檐防止雨水直接飘落到题刻表面和隔断岩壁挂流, 导流槽亦能切断岩壁挂流, 改变挂流走向。

5. 结论

通过对宜昌三游洞摩崖题刻区地形地貌、地层岩性、节理裂隙和地下水类型等进行分析, 建立了三游洞水文地质模型, 查明了地下水的补给、径流和排泄条件, 得出了三游洞渗水病害机理, 最后给出了防治对策, 达到文物长久保存和研究利用的目的, 具体结论如下:

1) 三游洞摩崖题刻的水害主要为裂隙渗水、凝结水、坡面雨水病害, 其中以裂隙渗水影响最为严重。

2) 水害产生与题刻区的地形地貌、地质构造, 地层岩性有直接关系。

3) 石刻水害防治应根据不同的水害类型和产生机理, 采取对应的治理措施。对于洞内裂隙渗水情况, 可以采用地面防渗铺盖, 修建排水系统, 裂隙灌浆治理措施。对于洞内凝结水, 可采用通风、干燥处理。对于洞外存在坡面流水害的题刻, 可采用与环境协调的龕檐和导水槽进行治理。

参考文献

- [1] 常宝琳. 三游洞名称由来考——兼考“后三游”[J]. 江汉考古, 1983(4): 72-76.
- [2] 张清平. 三游洞留住千年文人脚步[J]. 文物天地, 2003(S1): 28-32.
- [3] 王明建, 黄学风. 苏轼的“诗中有画”论与其《三游洞》诗[J]. 三峡文化研究, 2004: 95-100.
- [4] 王祖龙. 见证宜昌抗战的三游洞题刻[J]. 三峡论坛(三峡文学理论版), 2015(4): 17-20.
- [5] 杨毅. “三游洞”摩崖题刻风化状况的研究[C]. 中国文物保护技术协会第八次学术年会. 宜昌, 2014.
- [6] 方云, 邓长青, 李宏松. 石质文物风化病害防治的环境地质问题[J]. 现代地质, 2001, 15(4): 458-461.
- [7] 王凯, 方云, 黄志义, 等. 基于结构面网络模拟的龙门石窟擂鼓台渗水产生机理研究[J]. 文物保护与考古科学, 2015, 27(2): 87-93.
- [8] 何心一, 李晋僧. 在鄂西北三游洞灰岩中发现上寒武纪三叶虫化石[J]. 地质论评, 1959(5): 232.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org