

武威西夏博物馆壁画彩塑文物库房温湿度监测及分析

文娟¹, 牛贺强², 吴春勇³

(1. 天水师范学院 化学工程与技术学院, 甘肃 天水 741000; 2. 敦煌研究院, 甘肃 敦煌 736200;
3. 武威市博物馆, 甘肃 武威 733000)

摘要: 壁画彩塑颜料层中的矿物颜料、有机胶结材料均属于对环境因素敏感的脆弱文物材质, 适宜的保存环境是壁画彩塑长久保存的基础。文物库房温湿度监测分析可以直观反映库房内部温湿度, 揭示其变化规律。对武威西夏博物馆壁画彩塑文物库房内、外温湿度进行监测分析, 了解该库房内部温湿度环境现状, 为有效调控库房内温湿度、开展文物预防性保护提供数据支持。

关键词: 壁画彩塑; 温湿度监测; 库房环境

中图分类号: K854.3

文献标识码: A

文章编号: 1671-1351 (2020) 05-0081-04

天梯山石窟始建于东晋十六国时期的北凉, 历经北魏、北周、隋、唐、西夏、元、明、清的开窟或重修, 距今约有1600年历史, 形成了佛教艺术史上的“凉州模式”, 是印度佛教、西域文化和中原文化大融合的历史见证者, 对我国石窟寺乃至整个佛教艺术的发展都产生了深远的历史影响。1958年黄羊河水库工程理想的水库选址刚好覆盖了天梯山石窟及其周边区域, 如果水库工程建成, 石窟群下部1、2层近10个洞窟将会淹没在水中, 而天梯山石窟岩体为泥质胶结的砂砾岩, 水的长期浸泡会极大降低石窟整体稳定性。洞窟内部浸泡在水中的壁画彩塑也将受到严重影响甚至消失殆尽。为了保护这一珍贵的石窟遗存,^[1]1959年相关文物保护工作者对石窟进行了彻底勘察, 清理过程中共发现有43尊造像, 约300平方米壁画, 还发现有不同时期汉藏文写经及初唐绢画、文书、契约、佛经、壁画、塑像等珍贵文物。

壁画彩塑颜料层中的矿物颜料、有机胶结材料等, 长时间受光线、湿度、微生物等自然环境的作用, 很容易腐蚀老化, 形成多种严重病害, 部分壁画彩塑文物会在万不得已的情况下采取揭取保护措施。为了保存这些石窟壁画、彩塑, 保护人员对这批壁画彩塑进行了揭取保护, 1960年这些揭取下来的壁画彩塑与其他发掘的文物一起搬迁至甘肃省博物馆进行保存。1991年开始, 武威市政府开始对天梯山石窟进行保护修复, 为天

梯山石窟搬迁文物的回归奠定了基础。搬迁的壁画彩塑于2006年1月6日回归天梯山原址, 2006~2012年保存于武威市考古研究所文物库房, 2013年初搬迁至武威市西夏博物馆壁画彩塑文物库房。揭取下来的壁画彩塑在保护修复后会保存在更加安全的半封闭库房环境中, 通过改善环境创造良好的文物库房保存环境, 成为搬迁壁画彩塑保护的重要内容。为确保搬迁后壁画彩塑文物的保存, 文物库房内环境因素的监测分析就显得尤为重要。通过对壁画彩塑文物库房内、外温湿度进行实时监测, 可以全面了解文物库房内部温湿度现状, 为有效调控库房内部温湿度环境因素提供依据及建议。

1 温湿度对壁画彩塑文物的影响

由于自然环境因素造成的腐蚀老化, 天梯山石窟壁画彩塑还保存在洞窟内部时就已经出现了各种不同程度的损坏,^[2]加上历次搬迁, 这批石窟壁画彩塑已经变得十分脆弱了, 大部分出现了颜料层起甲、脱落、白粉层脱落、烟熏、裂缝、划痕、覆盖等严重病害, 彩绘泥塑还存在彩绘层脱落、粉化、雨蚀、开裂、裂缝、断裂、泥渍、缺失等病害, 部分壁画彩塑多种病害同时存在,^[3]且这些病害还在不断发展。为了更好地保存这一批壁画泥塑, 甘肃省博物馆及敦煌研究院对部分病害严重的壁画彩塑

收稿日期: 2020-9-25

作者简介: 文娟 (1985-), 女, 陕西岐山人, 天水师范学院化学工程与技术学院讲师, 硕士。

基金项目: 天水师范学院2019年青年创新创业提升项目“麦积山石窟壁画地仗层修复材料分析及筛选研究”(CXT2019-22) 阶段性成果

进行了保护修复，除此之外，适宜的保护环境是壁画彩塑长期保存的前提，也是预防壁画彩塑文物进一步受到损坏的有效途径。

文物库房内部温湿度环境对壁画彩塑文物保存影响极大，^[4]实验表明温度上升5℃，水和空气透过固体的渗透速率增大1.3倍，温度上升会直接加速壁画彩塑的腐蚀；武威地区年、日温差都比较大，文物库房内部受外界温差变化影响会出现温度频繁起伏，导致壁画彩塑产生热胀冷缩问题，严重时出现冰冻风化，导致壁画彩塑出现酥粉、脱落等严重病害；温度变化对壁画彩塑的间接破坏作用则是引起相对湿度的变化，而高湿度环境是壁画矿物颜料变色、霉菌生长、胶结物破坏的主要原因；^[5]如果文物库房内部相对湿度不断起伏变化，壁画彩塑材料中的吸湿性盐会不断吸湿、潮解，在结晶过程中产生的压力会导致壁画彩塑开裂、剥落、崩裂直至酥碱。^[6-7]壁画彩塑保存的适宜温度为20±2℃，相对湿度为45±5%，为明确库房内部温湿度是否满足壁画彩塑安全保存条件，我们就需要对存放壁画彩塑的文物库房湿度进行监测分析。

2 壁画彩塑文物库房温湿度监测及分析

2.1 温湿度监测设施及监测地点设置

此次温湿度监测使用了Pro V2系列U23—001记录器，该监测器使用的HOBO温湿度探头反应灵敏、数据传输稳定性高。监测器尺寸仅有10.2×3.8cm，体积小，可以直接将传感器安装在狭窄空间或建筑管道内进行监测。光学USB接口，可以快速而可靠地下载数据，每间隔15min可监测收集一组温湿度新数据，可以获取连续、实时的温湿度数据。

为了获取壁画彩塑文物库房内、外温湿度数据信息，分析外界环境温湿度及其变化对库房室内温湿度环境的影响，我们将库房室内监测节点设置在文物库房中央距地面1m高处，库房外部监测节点设置在库房门外房檐处，两个监测点各放置一枚HOBO探头，实时监测并获取文物库房内、外温湿度数值。

2.2 文物库房内、外温湿度监测数据分析

2.2.1 文物库房内外温度分析

壁画彩塑文物库房室外温度数据（图1）分析显示，监测期间文物库房外部最高温度23.3℃，最低温度4.9℃，平均温度11.5℃，温差达到了18℃左右，库房外部温差变化十分明显。

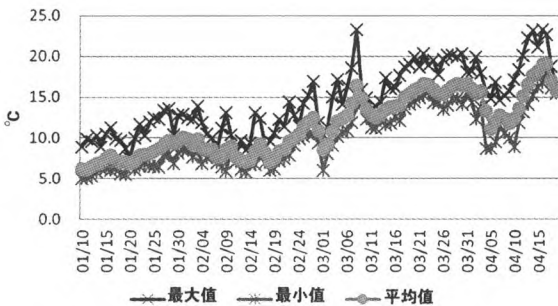


图1 壁画彩塑文物库房室外温度变化示意图

对壁画彩塑文物库房室内温度数据（图2）进行分析，结果显示，监测期间库房内部最高温度16.2℃，低于外界最高温度；最低温度10.1℃，高于室外最低温度；平均温度14℃，温差约为6℃，对壁画彩塑的安全保存还是具有一定的影响。分析发现温差较大的时间段主要集中在1月份，主要原因是1月份工作人员一直在库房内部进行壁画保护修复相关工作，除去1月份温度数据后，其余监测时间段内库房内部温差变化不到1℃。

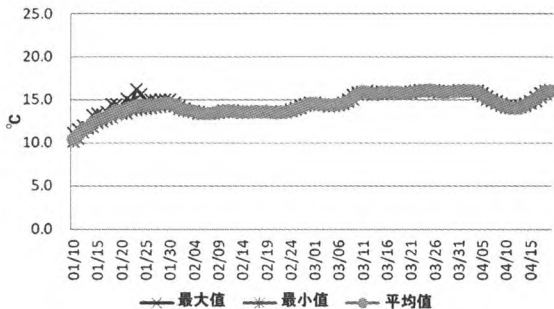


图2 壁画彩塑文物库房室内温度变化示意图

对文物库房内外温度进行对比（图3）分析，结果显示，相对每天频繁高低起伏的外界温度来说，处于密闭状态的文物库房室内温度变化平缓，变化幅度很小，壁画彩塑文物库房内部温度并不会受到外界环境温度的明显影响，该文物库房基本可以满足搬迁石窟壁画泥塑长期保存的温度要求。如果人为频繁、较长时间出入文物库房，库房室内温度极易受到外界环境温度影响，出现较大幅度变化。

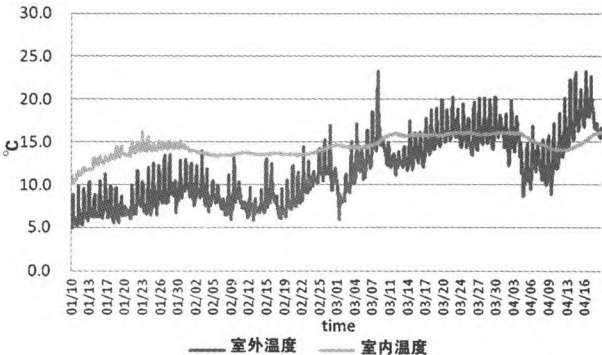


图3 壁画彩塑文物库房内、外温度对比示意图

2.2.2 文物库房内外湿度变化

对壁画彩塑文物库房室外相对湿度数据（图4）进行分析，结果显示，库房外相对湿度每天的变化幅度较大且呈现明显的变化规律，一天内室外的相对湿度最高值与最低值之间最大差值25%左右，而最小差值则不到1%。

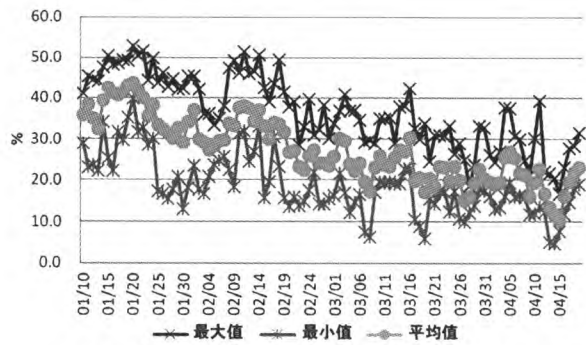


图4 壁画彩塑文物库房室外相对湿度示意图

对壁画彩塑文物库房室内相对湿度数据（图5）进行分析，结果显示，库房内部相对湿度最高44.3%，最低25.8%，平均相对湿度为28%左右，上下浮动在18.5%左右，湿度变化比较大。分析发现相对湿度最大值及变化较大时间段也是集中出现在1月份，工作人员在库房内部进行壁画彩塑保护修复工作期间，库房内部相对湿度差值达到了8%，库房关闭状态下相对湿度差值最大4%，最小1%，变化比较平稳。由此可见工作人员长期持续在文物库房内部活动对相对湿度的影响十分明显。如果不受库房内部人为因素影响，库内相对湿度数值较室外相对湿度低且变化平稳，基本可以满足壁画彩塑对相对湿度的保存要求。

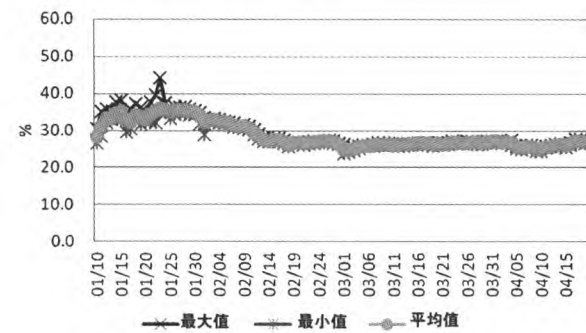


图5 壁画彩塑文物库房室内相对湿度示意图

通过对比分析文物库房内、外相对湿度（图6）数据，发现如果有工作人员在库房内部持续工作的情况下，库房与外界环境产生联通，库房内部相对湿度会受到外界环境湿度的影响，产生明显的温差与相对湿度变化，在文物库房密闭情况下，外界相对湿度随季节更替对库房内部相对湿度无明显影响，库房内部相对湿度变化平缓，变化幅度小。

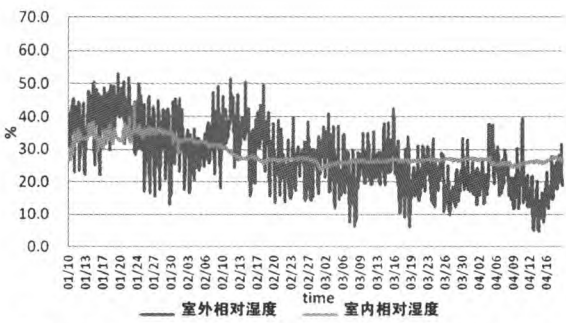


图6 壁画彩塑文物库房内、外相对湿度对比示意图

通过对比分析库房内外温度、相对湿度数据，可以确定人为频繁地进出库房会造成库房内部温湿度反复变化，不利于壁画彩塑的保存。在库房密闭情况下，壁画彩塑文物库内部温湿度环境条件基本可以满足搬迁石窟壁画泥塑长期保存的要求。

3 结论与建议

从武威市西夏博物馆搬迁壁画彩塑文物存放库房温湿度监测分析结果可知，该文物库内部温度、相对湿度都较低，且不易受外界环境影响，无明显的起伏变化，比较适宜搬迁修复后壁画彩塑的保存。监测期间由于工作人员在库房内部进行了为期一个月的保护修复工作，数据显示该时间段温湿度数据均有较为明显的波动，温湿度变化幅度较大。如果需要长期在库房内部工作的话，一定要避免在降雨期间或者室外温湿度较高的情况下进入库房。

壁画彩塑文物保存环境是否长期安全适宜，则需要进行长期持续的环境监测，建议在库房内部建立完善的实时动态环境监测系统，可以第一时间对库房内异常环境进行预警。在大量监测数据分析的基础上，采取相应调控措施确保文物库内部环境稳定、安全。

在外界温、湿度环境较适宜情况下，可利用新风过滤系统对库房内部进行通风。还需在库房内部安装温湿度调控空调或使用除湿材料。如果出现持续强降雨，气温急剧变化等气候极端情况，对库房内部温湿度产生较大影响时，能及时采取有效的措施控制库房内温湿度。温湿度调控空调定期检查调试，除湿材料定期更换，保证搬迁的壁画彩塑文物处于安全稳定的库房环境中。

参考文献:

[1] 张立胜.武威天梯山石窟文物的搬迁[J].敦煌研究,2009,22(1):33-35.
[2] 史岩.凉州天梯山石窟的现状和保存问题[J].文物

参考资料,1955,2:77-84.

- [3] 汪万福,赵林毅,裴强强,等.馆藏壁画保护理论探索与实践——以甘肃省博物馆藏武威天梯山石窟壁画的保护修复为例[J].文物保护与考古科学,2015,27(4):102-105.
- [4] 杨璐.文物保存环境基础[M].北京:科学出版社,2015:22-23.
- [5] 李最雄,Stefan Michalski.光和湿度对土红朱砂和铅丹变色的影响[J].敦煌研究,1989,12(3):84-85.
- [6] 李佳珉,陶利英,张秉坚,等.石窟壁画可溶盐破坏过程的

实验室模拟研究[J].文物保护与考古科学,2014,35(2):40-42.

- [7] 姜啸,张虎元,严耿升,等.湿度对盐溶液在壁画地仗中的毛细迁移影响研究[J].岩土力学,2014,35(2):463-464.

〔责任编辑 王倩宁〕

〔校 对 任广灵〕

Monitoring and Adjusting of the Temperature and Moisture in the Storage Warehouse for Frescos and Painted Sculptures in Wuwei Xixia Museum

Wen Juan¹, Niu Qiangqiang², Wu Chunyong³

(1. School of Chemical Engineering and Technology, Tianshui Normal University Tianshui Gansu 741001, China; 2. Dunhuang Academy, Dunhuang Gansu 710722, China; 3. Wuwei Municipal Museum Wuwei Gansu 733000, China)

Abstract: The mineral pigments and organic cementing materials in the pigment layer of the murals are fragile cultural relics materials sensitive to environmental conditions, and the appropriate preservation environment is the basis for the long-term preservation of the murals and painted sculptures. The temperature and moisture monitoring and analyzing of the cultural relics warehouse can directly reveal its changing rules, and can provide supporting data for the reasonable and effective environment control for cultural relics preservation to better the preventive protection of cultural relics. In this paper, the monitoring of the temperature and moisture environment in and out the warehouse in Wuwei Xixia Museum is comprehensively analyzed to provide basis and suggestions for effective control of preserving environment in cultural relics warehouse.

Key words: murals and painted sculptures; temperature and moisture monitoring; warehouse environment