

# Molecular Cultural Relicology

Fangfang Zou<sup>1,2</sup>, Xingcheng Zhang<sup>3</sup>, Luyao Wang<sup>4</sup>, Wenxiang Hu<sup>1,2,5\*</sup>

<sup>1</sup>School of Chemical Engineering and Pharmacy, Wuhan Institute of Technology, Wuhan Hubei

<sup>2</sup>Jingdong Xianghu Microwave Chemistry Union Laboratory, Beijing Excalibur Space Military Academy of Medical Sciences, Beijing

<sup>3</sup>College of Chemistry and Chemical Engineering, Xinyang Normal University, Xinyang Henan

<sup>4</sup>Department of Chemistry, Capital Normal University, Beijing

<sup>5</sup>Space Systems Division, Strategic Support Troops, Chinese People's Liberation Army, Beijing

Email: \*huwx66@163.com

Received: Jan. 31<sup>st</sup>, 2019; accepted: Feb. 14<sup>th</sup>, 2019; published: Feb. 21<sup>st</sup>, 2019

---

## Abstract

The preservation environment of cultural relics is one of the main factors of cultural relic damage. This paper expounds various factors of the damage to cultural relics, such as temperature, humidity, air pollutants and illumination, discusses the corrosion mechanism of bronzes, ancient paintings and stone artifacts in detail, and summarizes the methods of cultural relic protection.

## Keywords

Cultural Relic, Corrosion Molecular Mechanism, Protection

---

# 分子文物学

邹芳芳<sup>1,2</sup>, 张行程<sup>3</sup>, 王陆瑶<sup>4</sup>, 胡文祥<sup>1,2,5\*</sup>

<sup>1</sup>武汉工程大学化工与制药学院, 湖北 武汉

<sup>2</sup>北京神剑天军医学科学院京东祥鹤微波化学联合实验室, 北京

<sup>3</sup>信阳师范学院化学与化学工程学院, 河南 信阳

<sup>4</sup>首都师范大学化学系, 北京

<sup>5</sup>中国人民解放军战略支援部队航天系统部, 北京

Email: \*huwx66@163.com

收稿日期: 2019年1月31日; 录用日期: 2019年2月14日; 发布日期: 2019年2月21日

---

## 摘要

文物的保存环境是文物损毁的主要因素, 本文阐述了温度、湿度、空气污染物、光照等诸多因素对文物  
\*通讯作者。

古迹的损害,详细探讨了青铜器、古书画、石质文物的腐蚀诱因,并概括了文物保护的方法。

## 关键词

文物, 腐蚀分子机理, 保护

Copyright © 2019 by author(s) 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

所谓分子文物学, 简要地说, 就是从化学角度在分子水平上研究历史文物的腐蚀机理及文物保护方法。中国是一个拥有五千年灿烂文明的文明古国, 历史悠久, 文物丰富多彩。文物是古代人类活动遗留下来的智慧和文化遗产, 对于研究不同时期的政治、经济、文化具有重要意义。但是, 据近年来的调查报告表明, 我国有近半的馆藏文物由于保存环境不当, 致使藏品受到不同程度的腐蚀。因此, 对于文物腐蚀及保护的研究显得极为重要。

文物的腐蚀损坏及修复, 是一重要的化学过程, 离不开化学工作者的努力。本文简要介绍了文物损坏的诱因, 并从分子的水平上解释了部分文物腐蚀的原理, 并阐述了如何合理地保护文物, 以此来确保文物的完整性。

## 2. 影响文物腐蚀的因素

文物保存的好坏受诸多因素的影响, 既取决于文物自身的材质, 也取决于它所处的环境, 了解其腐蚀的诱因以便将出土文物完整地保存。影响文物损坏的环境因素主要有温度、湿度、空气污染、许多化学物质和光照等各种因素[1]。

### 2.1. 温度和湿度

温度和湿度是影响文物腐蚀的最基本的因素, 温度和湿度相互影响, 相互制约。这里的湿度指相对湿度, 相对湿度的变化受温度影响。温湿度对无机文物的影响较小, 但若文物长期处于不适宜的温度或湿度条件下, 也会对文物造成一定的影响。温、湿度过高会加速青铜器的腐蚀, 会使金属质文物锈蚀, 失去光泽。在潮湿的环境中, 陶瓷文物会产生龟裂、剥落等现象。温湿度是导致有机质文物损坏的重要因素, 温湿度过高会引起有机质文物由于吸收水分而膨胀, 从而造成纤维素的断裂, 导致文物弯翘不平。而且一定范围内的湿度会使霉菌滋生, 导致有机类文物霉变生虫。温度过低, 纸质文物由于过度失水, 而使纸张产生变硬变脆等问题。

### 2.2. 空气污染物

随着工业的发展, 化石燃料的燃烧, 产生各种有害气体。其中释放到大气中的二氧化硫会使纸张、织物、纸质文物等褪色, 并且在酸性环境中, 会引起纸张水解, 促进纸张老化。硫化氢会与绘画壁画颜料中的铅白发生化学反应, 而变成黑色的硫化铅, 影响壁画的美观。硫化氢还可以与银发生化学反应生成  $\text{Ag}_2\text{S}$ , 使其失去金属光泽。空气中的各种氧化性气体(如  $\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_2$  等)与文物接触而发生化学反应, 使其氧化, 如铁等金属制品的氧化, 纸张中纤维素的氧化。大气中酸性物质过多会导致酸雨的形成, 酸雨会腐蚀放于室外的雕塑及其他石质文物。

### 2.3. 光照

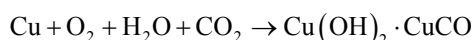
对光敏感的文物受光的影响较大,这也是为什么有的文物不允许拍照的原因。光的本质是电磁波,具有能量,可与不同种类的文物发生光化学反应,从而致使文物损坏。不同波长的光对文物的损害程度不同,紫外光波长短,能量高,所以对文物的损坏最为严重。当有紫外光照射到有机质文物上,并且达到某些化学键的解离能时,会导致化学键的断裂,分子结构发生改变,破坏文物质量[2]。红外光致使文物变质的原因是热辐射,红外光照射在纸张上,会产生热效应,使纸张温度上升,导致纸张发生形变。

## 3. 文物腐蚀分子机理

### 3.1. 青铜器的腐蚀

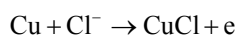
青铜器的腐蚀与它所处的环境息息相关,青铜器在出土之前均有不同程度的损坏,在出土之后由于环境的改变,主要是温度湿度、氧气氛围的改变,导致青铜器的进一步被腐蚀破坏。青铜器的化学腐蚀按照其最终产物和对文物本身的损坏程度的不同又分成铜绿锈蚀和粉状腐蚀两大类[3]。

铜绿锈蚀是指铜器在潮湿的环境中长时间放置,其表面会生成一层铜锈,主要是由于铜与环境中的水及气体发生了化学反应,锈蚀机理为:

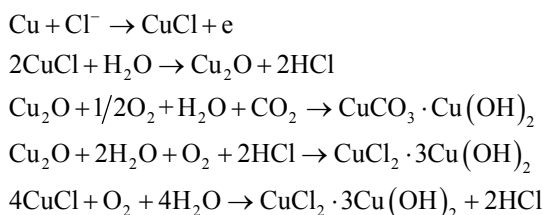


空气中水分的含量会影响腐蚀的速度,铜绿的生成相当于在文物的表面形成一层致密的膜,阻止金属继续与水 and 氧气的接触,对青铜器起一定的保护作用,因此被称为“无害锈”。

粉状腐蚀易深度腐蚀青铜文物,而且腐蚀产物间存在交叉作用,与环境中的气体、水起协同作用[3]。Cu 与环境中的  $\text{Cl}^-$  接触发生电化学作用,在青铜器的表面生成白色的氯化亚铜,腐蚀机理:

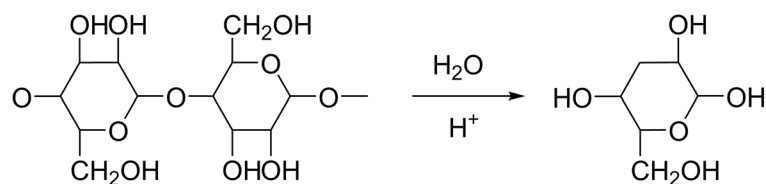


这种腐蚀反应主要发生在出土前的青铜器,该反应受环境中  $\text{Cl}^-$  浓度的影响,腐蚀产物  $\text{CuCl}$  在潮湿的环境中可继续与水 and 氧气发生反应,从而形成碱式氯化铜粉状腐蚀出现在青铜器的表面,由于其产物结构疏松,更加有利于与水 and 氧气接触,致使青铜器不断的被腐蚀下去,毁坏器物。



### 3.2. 古书画的损毁

我国古书画主要以纸张、绫绢为依托材料和颜料及其它辅助材料构成的特殊文物,由于构成纸质文物的材料均为有机物,所以其损坏很大程度上受环境的影响和制约[4]。相对于其它文物来说,纸质文物的材质较脆弱,很容易被损毁。纸张的主化学成分包括纤维素、半纤维素和木质素等,纤维素含量的多少决定了纸张的质地和耐用性。纤维素含量越高,纸张的质量越好。纤维素是由葡萄糖组成的大分子多糖,分子式为  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ ,不溶于水 and 一般溶剂, $n$  表示纤维长度, $n$  越大,纸张的耐久性越好。但是在潮湿的环境中并有酸性介质存在的条件下易水解,其水解机理如下:

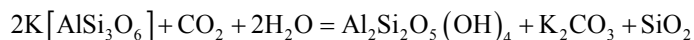


随着纤维素水解程度的增加,纸张的机械强度会显著降低。水分过多还有利于各种微生物的生长繁殖,微生物会分泌有机酸,致使纸张变脆。而且微生物繁殖过程中会分泌有色物质,使纸张表面出现有颜色的斑点,影响文物外观。有害气体也是损害纸质文物的一个重要因素,如:CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>等,这些气体在接触潮湿的纸张会和水分子发生反应,产生腐蚀性较强的H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>,加速纤维素的水解,使纸张的寿命缩短。而空气中的各种氧化性气体,会使纸张纤维氧化,使其变脆。在光照作用下,能量较高的紫外线会使纤维素发生光化学和光降解反应,导致纤维素中的某些化学键断裂,C-C, C-H, C-O键之间的结合力减弱,分子的聚合度降低,导致纸张性能改变,机械强度降低。

### 3.3. 石质文物

石质文物是以天然石材为原料经过加工制成,主要包括建筑、洞窟、石碑等[5]。然而许多石质文物古迹都是露天保存的,由于长时间受到紫外光照射,风水雨淋等自然力的破坏,导致石质文物表面的石刻纹饰、铭文逐渐模糊,严重影响了文物表面的石刻和它承载的历史文化信息。

由于石材有较大的孔隙率和吸水率,遇水可导致大量可溶盐富集,主要为硝酸盐、硫酸盐、碳酸盐。在正常的温度范围内,单一的温度对石质文物的影响较小。当石质文物处于高湿度、低温度条件下,水因结冰而体积膨胀,致使石材表面产生裂隙。水是石质文物发生溶盐的核心要素,溶盐主要是由于石质发生化学变化,使坚硬的长石转化为可溶于水的盐,很容易被水带走,比如,钾长石的分解:



外界温度的不断变化,易产生“溶解-重结晶-溶解”现象,导致石材表面泛碱,甚至使表面发生裂纹与层片状脱落[6]。水分过多还有利于微生物、藻类、地衣等的生长,植物根系生长在石质文物裂隙中,随着根系的壮大,使石质文物裂隙进一步胀开。微生物生长过程中,会分泌有机酸、无机酸等化学物质对石材造成腐蚀破坏作用。随着工业的发展,空气中二氧化硫、二氧化氮的含量增加,使雨水的酸度增强,酸雨落在石雕表面,造成石质文物被腐蚀,石刻表层有麻点出现,在很大程度上影响了石刻的美观与完整性。露天石质文物在太阳光的照射下,致使石材内外层产生温差,引起岩石表层龟裂。

## 4. 文物的保护与修复

文物保存的环境影响文物损坏的速度。因此采取有效的措施来控制文物处于适宜的环境,有助于降低文物的损坏率。国际上比较认可的,保存文物最合适的温度为15℃~20℃,相对湿度为45%~60%。但具体的实施情况,必须根据实际环境进行调整。在博物馆内,可通过安装空调来维持温度在合适的范围内,可引进调湿系统调节馆内的空气湿度。

对于空气中污染物的处理,需将库房的门窗安装空气净化器和过滤器,清除掉有毒气体和空气中的粉尘,确保文物不被其侵害。博物馆周围的环境也很重要,不能处于受污染的工业区,且其建筑材料及装修材料必须是环保无污染的。为减少太阳光直射对文物产生的影响,库房的门窗应尽可能少,并选择能减弱紫外线辐射的材料,室内照明系统应使用不含紫外线的灯。

除了给予文物提供适宜的环境,对于不同种类的文物,人们还研究了不同的保护方法和各种化学材料,从分子的角度探讨阻止文物腐蚀的方法。对于青铜器等金属质文物,可以通过物理方法除去青铜器

表面的锈蚀,但此法会使金直接暴露在空气中。因此,人们研究了各种缓蚀剂,使青铜器表面形成一层致密的膜,如缓蚀剂 N,N-双(苯并三唑-正甲基)丹桂胺。

对于纸质文物,由于纸张的质地较脆弱,利用 FEVE 树脂溶液和 HDI 三聚体对纸质文物进行处理,能有效的改善纸张的机械强度,增强文物的耐酸性[7]。利用等离子体技术对文物进行脱羧处理,将纸张的 pH 值由酸性转化到中性或弱碱性,以此来增强纸张的强度[8]。但由于纸质文物质地脆弱,因此正在进一步完善这一方法,以确保不会伤害画作。砖石结构的古建筑经常会出现裂缝、风化和碱化,其中修复砌体结构常用的加固方法包括化学粘合和化学灌浆。目前使用的化学灌浆粘合材料是环氧树脂,丙烯酸酯和无机化学材料[9]。

临床微生物学家卡塞利领导的研究团队发现芽孢杆菌可以抑制以色素为食的微生物的生长,他们的芽孢杆菌处置方法几乎完全抑制了从画作中分离出来的细菌的生长,目前该方法已经应用于石材文物的保护卡塞利说,需进一步进行测试,以确保这一处理方法不会伤害画作本身。她认为,对画作上的微生物群系进行详细分析可能会成为未来修复画作工作的重要组成部分。她说:“作为一个起点,芽孢杆菌化合物可能会作为温和的酒精溶液涂在画作的背面,保护该表面免受潜在危险的微生物的破坏。” [10]。

## 5. 结束语

雨水[11]、空气、污染物、有关化学成分、微生物、光照、温湿度等化学、生物和物理因素都影响文物的腐蚀速度,值得引起人们普遍关注。

文物损坏数量的不断增长,激发了人们对文物的保护工作的兴趣和重视。文物的保护与化学领域有着紧密的联系,文物的腐蚀可从化学原理来研究,多种化学材料应用于不同质地的文物的保护和修复。为使文物更完整地保存下去,需要人们不断的研究新的技术,从分子水平上发现更好、更有效的文物防护方法。

## 参考文献

- [1] 田金英,王方,隗亚林. 环境对文物的影响及故宫博物院的环境调查[J]. 中国博物馆, 1994(1): 76-82.
- [2] 杨利广. 博物馆纸质文物的保存现状及病害原因分析[J]. 丝绸之路, 2016(24): 65-66.
- [3] 毕建洪. 青铜文物腐蚀与保护研究[J]. 安徽大学学报(自科版), 2007, 31(4): 77-80.
- [4] 刘舜强. 古书画损毁机理初探[J]. 文物保护与考古科学, 2003, 15(1): 39-42.
- [5] 张金凤. 石质文物病害机理研究[J]. 文物保护与考古科学, 2008, 20(2): 60-67.
- [6] 王蕙贞,冯楠,宋迪生. 高句丽石质文物风化的保护方法研究[J]. 文博, 2010(6): 76-81.
- [7] 徐方圆,邱建辉,孙振乾. 含氟聚合物加固保护纸质文物研究[J]. 文物保护与考古科学, 2004, 16(4):1-5.
- [8] Vohrer, U., Trick, I., Bernhardt, J., et al. (2001) Plasma Treatment—An Increasing Technology for Paper Restoration? *Surface & Coatings Technology*, **142**, 1069-1073. [https://doi.org/10.1016/S0257-8972\(01\)01280-4](https://doi.org/10.1016/S0257-8972(01)01280-4)
- [9] Huang, Z.W. (2011) Application of Chemicals in the Restoration of Monuments. *Advanced Materials Research*, **374-377**, 1442-1445. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.374-377.1442>
- [10] 科学家用细菌保护珍贵古画免受以色素为食微生物破坏[EB/OL]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1619175731648052877&wfr=spider&for=pc>
- [11] 秦宁, 闵清, 胡文祥. 分子雨水学[J]. 交叉科学快报, 2018, 2(3): 88-91. <https://doi.org/10.12677/ISL.2018.23017>

**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：2574-4143，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：[isl@hanspub.org](mailto:isl@hanspub.org)