

全国第十一届考古与文物保护化学学术研讨会论文集

文物保护研究新论

(二)

中国化学会应用化学委员会
考古与文物保护化学科学委员会
秦始皇兵马俑博物馆 编
中国科学院长春应用化学研究所
吉林大学边疆考古研究中心



文物出版社

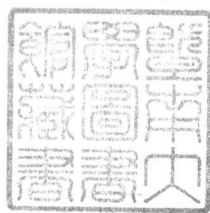
264-53
20101
2

阅 见

全国第十一届考古与文物保护化学学术研讨会论文集

文物保护研究新论 (二)

中国化学会应用化学委员会
考古与文物保护化学科学委员会
秦始皇兵马俑博物馆 编
中国科学院长春应用化学研究所
吉林大学边疆考古研究中心



文物出版社

北京·2010年

封面设计 周小玮
责任印制 张道奇
责任编辑 张晓曦

图书在版编目 (CIP) 数据

文物保护研究新论. 2 / 中国化学会应用化学委员会
考古与文物保护化学科学委员会等编. —北京: 文物
出版社, 2010. 8

ISBN 978-7-5010-3004-0

I. ①文… II. ①中… III. ①文物保护—学术会议—
文集 IV. ①G264—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 145310 号

文物保护研究新论 (二)

中国化学会应用化学委员会
考古与文物保护化学科学委员会
秦始皇兵马俑博物馆 编
中国科学院长春应用化学研究所
吉林大学边疆考古研究中心

*

文物出版社出版发行

(北京市东直门内北小街2号楼)

邮 政 编 码: 100007

<http://www.wenwu.com>

E-mail: web@wenwu.com

北京达利天成印刷装订有限责任公司印刷

新华书店经销

889×1194 1/16 印张: 23

2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷

ISBN 978-7-5010-3004-0 定价: 136 元

《文物保护研究新论（二）》编辑学术委员会

编辑委员会

主 编：王蕙贞 周 铁

副主编：夏 寅 张晓曦

学术委员会

主 任：宋迪生

副主任：葛承雍 朱 泓 王利祥 原思训 宋纪蓉 周 铁 卢 衡 李国清

委 员：白崇斌 杨忙忙 张群喜 安立佳 王蕙贞 熊樱菲 李玉虎 龚德才
郑幼明 田金英 郭 宏 杨军昌

前 言

随着文博事业的发展，文物的保护与研究已成为备受社会关注的系统化工作，需要多种学科和专业的交叉融合，吸取来自各领域、各学科的知识。通过科学的认知、理解和创新，才能正确处理我们工作中所面临的各项问题，因此文物保护与研究依赖于全社会的共同参与和支持。两年一届的全国考古与文物保护化学学术研讨会正是提供了文物保护研究交流的学术平台。在即将到来的第十二个五年计划中，文物保护事业充满机遇也面临挑战，我们想以此次会议为契机，促进全国文物保护科技工作者交流与合作，为文物保护领域所取得的成果提供宣传的舞台，为文物保护事业的蓬勃发展付出我们的努力。

全国第十一届考古与文物保护化学学术研讨会由中国化学会应用化学委员会考古与文物保护化学科学委员会组织，陶质彩绘文物保护国家文物局重点科研基地（秦始皇兵马俑博物馆）与吉林大学边疆考古研究中心共同参与并承办。会议论文集研究内容囊括了漆、木器类；纸质、纺织品类；金属类；陶瓷器，砖、石类；遗址保护；壁画、泥塑类文物保护等方面。衷心地感谢所有参会人员与论文作者的积极参与和交流，为我们的文物保护研究工作提出新的研究成果，推进了文博事业的科学化、规范化。

本次会议得到陶质彩绘文物保护国家文物局重点科研基地（秦始皇兵马俑博物馆）、吉林大学边疆考古研究中心、中国科学院长春应用化学研究所的资助和大力支持，并且他们在论文的组织编辑方面做了大量工作，在此表示衷心的感谢。由于时间紧迫，错误在所难免，望不吝指正。

中国化学会应用化学委员会
考古与文物保护化学科学委员会
2010年5月

目 录

1 漆、木器类文物保护

细菌纤维素保护修复木质文物的若干问题	卫扬波(1)
西藏色卡古托寺维修保护工程木材防腐防虫处理工艺	王永进 周伟强 阎 敏 王 翀 柏 科 纪 娟(5)
数值计算剩余含水率无损确定饱水古木冻干终点	卢 衡 张绍志 郑幼明 刘东坡 楼署红 陈光明 房圆圆(12)
本色木质文物封护剂研究	李国清 李文旒(16)
超临界 CO ₂ 萃取技术脱水中国古代饱水木材的试验研究 (摘要)	王宜飞 满瑞林 曾 利(21)
漆木器保护关键问题分析 (摘要)	李 玲(21)

2 纸质、纺织品类文物保护

北京智化寺元代佛经的修复研究	汪自强 施 珩(22)
Parylene N 在脆弱丝织品加固中的应用研究	郑冬青 奚三彩 龚德才 蒋凤瑞 何伟俊(27)
一件褐色牡丹菊花纹绫丝绵被的清洗保护修复	董鲜艳(32)
不同添加成分对装裱浆糊性能影响的研究试验 ——以川椒及白矾为例	刘舜强 曹 枫 李景超(36)
热处理对蚕丝纤维结构变化影响的初步研究	罗曦芸 马文婷 武津青 杜一平(41)
北京故宫石青色生霉丝织品霉菌的鉴定	王春蕾 田金英(44)
常用胶粘剂装裱性能研究	徐文娟 季 慧 戴红旗(47)
丝绸文物加固剂的老化性能对比研究	周 旸(51)
纺织品文物色差测量方法研究	王允丽(58)
中国古代织物天然植物染料鉴定方法探讨	何秋菊(62)
中国古代植物染料及染色工艺	韩 婧 张晓梅(67)
纸质档案耐久性的影响因素	秦晓丽 李玉虎 曹 明 周亚军 左晨曦(71)
修裱过程中水溶性红墨水字迹、红色印记的防涸化保护	宗 岚 李玉虎 左晨曦(75)
替代“胶矾”的新配方体系研究	祖 莪 单嘉玖 宋纪蓉 李筱楼(79)
吐峪沟石窟新出土一件文书的保护修复 (摘要)	李 媛(83)
书画文物霉变生虫及防治措施的探讨 (摘要)	熊志杰(83)
纸币票据等印刷品文物的保护修复 (摘要)	杜 侃(84)

浅谈广西壮族自治区博物馆书画藏品病害及其防治对策 (摘要)	王 双(84)
浅谈馆藏现代书画的科学保护修复 (摘要)	吴春龙(85)

3 金属类文物保护

苯并三氮唑复配缓蚀剂对铁器的缓蚀研究	李 园 张治国 马清林 梅建军(86)
一批秦早期青铜兵器的科技分析	
... 赵丛苍 贾腊江 金普军 扬小刚 凌 雪 郭妍利 金 兰 邢惠萍 王 肃(92)	
宝鸡地区青铜文物锈蚀产物的 X 射线衍射分析研究	王 展 李 博 李艳萍(98)
浅谈埋藏环境与青铜器的腐蚀产物	马燕如(105)
隋墓出土金属器物的分析与工艺研究	杨忙忙(108)
西安地区出土一枚拜占庭金币的科学分析与制作工艺研究	
..... 邵安定 杨忙忙 刘呆运 李 明(112)	
长沙出土铁钱“乾封泉宝”的保护研究	蒋成光 肖静华(117)
汉代青铜连枝灯病害分析研究	韩 英(121)
元代铜牦牛病害研究	赵家英(126)
蟠螭菱纹铜镜的保护修复	马 宇(130)
北碚遗址出水青铜钱币的分析与保护	宋 薇(135)
铁器文物保存修复及 Technovit 的应用初探	陈志亮(140)
雷峰塔天宫出土银阿育王塔的修复研究	刘 莺 杨统环 栾 天(143)
新疆汉晋小河遗址一件黄铜样品的科学分析	袁晓红(148)
南阳战国铜器白色颜料的分析与工艺研究	周双林 闫海涛 乔保同(152)
平顶山应国墓出土一件西周青铜鼎的保护修复	赵亚军 张 伟(154)
一件甬钟的保护修复与文物保护行业标准的初步实践	杨颖东 李 威(158)
汉代陕西地区冶铁工艺发展及研究现状的初步探讨 (摘要)	王文君(164)
新疆额敏县出土青铜器的保护修复 (摘要)	佟文康 王 云(164)
馆藏青铜鼎的锈蚀与保护 (摘要)	张艳红 刘根亮(165)
青铜文物的修复与复制 (摘要)	
——实践工作中的一点体会	胡欣民 靳 鹏(165)

4 陶瓷器, 砖、石类文物保护

西沙华光礁出水瓷罐表面沉积物分析	张 蕊 邵 芳 黄 洁 李玉玲 杜 侃(166)
古陶瓷表面的气泡与成分分析	王志强(169)
关于陶器粘接材料的力学实验探讨	周理坤 王 春 杨大用(172)
待修复过火龙泉窑大盘的检测分析	胥 谓(176)
北京延庆出土一件唐代彩绘陶罐的保护与研究	吕良波 李 威 李 氏(180)
拉曼光谱在陶瓷胎体及釉料研究中的应用	
..... 惠 娜 夏 寅 王伟峰 黄建华 付倩丽 王 亮(184)	
南北朝时期一件彩绘陶灯的保护修复	许 玲 杨景龙 许 鹏 葛 洪(189)
山东青州香山汉墓出土陶质彩绘文物霉菌采样鉴定报告	
..... 严苏梅 毛小芬 周 铁 兰德省(192)	

临淄山王墓地出土汉代彩绘陶器盐害的科学认知

容波 兰德省 王春燕 于焱	(196)
西安东长安街唐代石椁墓出土石质文物的搬迁保护	赵凤燕 李书镇 张小丽 (202)
石造像计算机三维处理研究初探	齐扬 周伟强 薛 烨 (206)
石质建筑的清洗及方法研究	冯楠 王蕙贞 宋迪生 (208)
石质文物清洗材料研究	杨毅 (213)
柳州市室外石刻文物的调查与保护研究	黄槐武 (219)
大足石刻的保养维护	陈卉丽 (223)
秦汉彩绘陶俑清理保护方法研究	兰德省 (227)
秦俑一号坑第三次考古发掘的现场保护工作	王春燕 容波 严苏梅 王伟峰 (232)
大足千手观音造像表面凝结水形成的可能性及危害	马菁毓 高雅 冯太彬 韩秀兰 (235)
南京六朝石刻保护和利用方案的初步探讨 (摘要)	刘爽 王欣 (241)
一件镇墓俑的抢救性保护修复研究 (摘要)	李钢 刘雅苹 (241)

5 遗址保护

莫高窟蒸散量的估算与耗散机理分析	李红寿 汪万福 张国彬 秦全胜 郑彩霞 (242)
广元千佛崖石窟造像水害勘查与治理对策	于群力 阎敏 王永进 王 翀 吴新 (246)
广元千佛崖病害调查与评估	赵林娟 王永进 王 翀 阎敏 井燕 吴新 蔡博 (250)
西安城墙墙体文物的病害分析与保护研究	王肃 王蕙贞 冯楠 金普军 宋迪生 (253)
新都宝光寺舍利塔“5.12”震灾主要损害及其抢修工程技术研究	刘雅平 (256)
土遗址防风化加固材料研究及应用	赵岗 李玉虎 黄四平 王荣 (261)
隋唐洛阳城定鼎门遗址的考古发掘现场保护	杨蔚青 (266)

6 壁画、泥塑类文物保护

陕西白水仓颉庙古建彩绘工艺与颜料分析研究

党小娟 于群力 王永进 夏寅 付倩丽 张晓文	(271)
敦煌西千佛洞第12窟壁画制作材质及工艺研究	马赞峰 汪万福 胡源 (276)
章丘西河遗址清墓壁龕提取及彩画颜料分析	徐军平 王伟峰 夏寅 (285)
长乐公主墓东壁仪仗领队壁画的地仗层加固与修复	杨景龙 葛洪 许鹏 许玲 (291)
唐墓壁画修复中过渡层和支撑体的制作	罗黎 卢轩 付文斌 (295)
馆藏壁画支撑体的制作工艺及材料选择	杨文宗 张 挺 (300)
宁夏贺兰山岩画表面防护新材料的探索	王萍 (305)
——天然草酸钙膜	
三维扫描技术在支撑体严重变形的唐墓壁画保护中的应用	张群喜 张艳宁 (309)
福州“三坊七巷”古建筑装饰壁画艺术风格及材料特点	杨秋颖 张芳 井燕 (315)
石膏补做壁画背衬材料优缺点的初步研究 (摘要)	魏璐 (319)

7 其他

首都博物馆室内真菌的分离鉴定及核糖体 DNA - ITS 序列分析 武望婷 何海平(320)

柑橘属植物精油对玉米象成虫的毒力测定
..... 王 春 周理坤 胡仕林 袁 泉 刘 智 杨德军(324)

考古发掘现场中的文物保护 刘乃涛(328)

饱和盐溶液静态湿度发生器法对湿度仪表检校的探讨 靳海斌(332)

两种新型文物保护材料的红外光谱及机械性能研究
..... 杨 璐 王丽琴 黄建华 徐海斌(336)

三维动画里的古代传统工艺 王 玮 王金潮 盛 友(339)

文物保护材料分类评价与研究 白崇斌 王永进(343)

博物馆规范化文物保护管理的探索与实践 杜 安 田 凯 刘江卫(349)

考古发掘现场文物科技保护研究的现状与前瞻 (摘要) 田玉娥(353)

利用 Nd: YAG 激光不同的波长清洗考古发掘艺术品上的钙质
结垢层 (摘要) 何 娟(353)

细菌纤维素保护修复木质文物的若干问题

卫扬波*

(湖北省博物馆, 武汉)

摘 要: 本文通过研究产纤维素的醋杆菌 *Acetobacter* sp. PDA 菌静置培养时的生长, 然后将其与小块的饱水木材一起静置培养, 通过测定木块处理前后的湿重及扫描电镜观察的结果肯定了细菌纤维素对木质文物有较好的修复效果。同时初步探讨了细菌纤维素修复木质文物现阶段存在的若干问题以及研究方向。

关键词: 细菌纤维素 木质文物 保护 修复 问题

引 言

木质文物所表现的性状是木材的细胞壁聚合物的物理和化学性能综合作用的结果。木质文物属于不宜保存的有机物质, 在其老化过程中, 细胞壁聚合物的物理性能发生变化。细胞壁基质的降解和纤维素分子的解聚作用, 导致木质文物强度不断下降、完整性逐渐损失。一般出土的饱水木质文物纤维素损失较大, 纤维素会减少 30% ~ 50%。出土的木质文物因为在地下埋藏了漫长的岁月, 受到地下水的长期浸泡, 木器的内部分子结构已完全被水饱和, 受到地下水中所含的各种化学物质如酸、碱、盐等的腐蚀, 使构成木材的纤维素、木质素等遭到破坏, 并且木质文物中的纤维素又是微生物的养料, 微生物将木材中的纤维素降解, 使木材全然失去了强度^[1~3]。因此, 当饱水木质文物干燥时, 往往会发生收缩、变形、龟裂。对于木质文物保护的傳統方法是用一种聚合物或多聚合物通过封护加固衰变木材使其恢复强度; 或者当木质干燥时, 用湿胀性化学试剂以避免收缩, 维持其处于膨胀状态。但以上各种方法均存在难以克服的缺陷, 如所用材料老化、文物色泽变异、收缩率较大、成本昂贵等, 甚至造成文物毁坏^[4]。

细菌纤维素 (Bacterial Cellulose, BC) 是由生长在液态含糖基质中的细菌产生的, 并分泌到细菌基质中的纤维素成分, 它不是细菌细胞壁的结构成分, 而是一种胞外产物^[5,6]。细菌纤维素具有优良的理化特性:

1) 高持水量 (或称高亲水性, 它是一种惰性支持物), 通常情况下持水率大于 1:50, 经特殊处理可达 1:7000。

2) 在静态培养条件下, 具有高杨氏模量、高抗张强度和极佳的形状维持能力。纯醋酸菌纤维胶做成干膜, 其杨氏模量可超过 15GPa, 经热处理后其杨氏模量可与金属铝相当, 远大于

* 作者简介: 卫扬波, 男, 2005 年毕业于武汉大学生命科学院。现就职于湖北省博物馆, 主要从事木漆器的保护研究。

目前已知的有机聚合物。

3) 高结晶度, 这可通过 X 光衍射图谱确定结晶指数。据研究表明细菌纤维素的结晶度高于普通高等植物纤维, 而低于藻类和动物纤维。

4) 超细 (纳米级), 由木醋杆菌细胞壁侧的小孔分泌出的纤维素微纤丝直径为 1.78nm, 相邻几根微纤维丝间由氢键相互连接形成的微纤丝束直径为 3~4nm, 而由微纤维束连接成的纤维丝带宽度为 30~100nm, 厚度为 3~8nm。

5) 高纯纤维网状结构 (99%~100% 纤维素)。

6) 有较高的生物适应性和良好的生物可降解性。

7) 可利用广泛的基质进行生产。

8) 生物合成时的物理性能的可调控性。采用不同的培养方法, 如静态培养和动态培养, 利用醋酸杆菌可以得到不同高级结构的纤维素, 并且通过调节培养条件也可得到化学性质有差异的细菌纤维素^[7~9]。

基于细菌纤维素的这些优良理化特性及其与木质纤维素相近的分子结构组成, 本研究从木质文物损坏的主要原因——纤维素破坏出发, 利用微生物代谢产生的纳米级细菌纤维素在植物纤维间起到空间搭桥作用, 与木质纤维素结合, 修复已断裂的木质纤维素, 补充损失的木质纤维素, 达到修复目的, 同时由于细菌纤维素良好的生物降解性, 细菌纤维素修复木质文物不会产生常规方法对文物的改变甚至损坏。真正实现“不改变文物原状”的原则, 保存文物的历史真实性。

1 实验选用菌株、试样的来源和实验方法

1.1 菌株、试样来源

由于在国内细菌纤维素的研究时间较短, 对其应用于修复木质文物的研究更是首次尝试, 迄今尚无用于修复木质文物产纤维素菌株的报道。本研究所用菌株为自行分离和筛选的自然菌株: 醋杆菌 *Acetobacter* sp. PDA^[10,11]; 所用培养基: 蔗糖 20g, 蛋白胨 10g, 酵母粉 5g, 柠檬酸 1.15g, Na_2HPO_4 5g, pH 6, 121℃ 灭菌 20 分钟。试样为库存出土战国时期饱水木材。

1.2 实验方法

1) 将筛选出的醋杆菌 *Acetobacter* sp. PDA 菌株接种到 5ml 试管振荡培养过夜, 进行活化培养; 将活化后的醋杆菌 *Acetobacter* sp. PDA 菌液在全基平板上画线分离出单菌落; 将醋杆菌 *Acetobacter* sp. PDA 单菌落挑取到斜面培养基培养; 挑取醋杆菌 *Acetobacter* sp. PDA 菌进行革兰氏染色, 显微镜观察。

2) 醋杆菌 *Acetobacter* sp. PDA 菌株 28℃ 振荡培养过夜, 然后以 2% 接种量接种到装有 100ml 培养基的 250ml 三角瓶中, 28℃ 静置培养, 每天取样, 在 600nm 处测量 PDA 菌培养液的光吸收值。以取样时间为横坐标, 吸光度值为纵坐标画出 PDA 菌静置培养的生长曲线。

3) 取库存饱水木材, 切成 4cm × 2cm × 1cm 试块, 编号, 湿水条件下称重, 记录原始重量。木块灭菌后分别放入接种有 PDA 菌的 100ml 培养基的 250ml 三角瓶中, 28℃ 静置培养。培养第 4 天开始每天取出 2 个木块, 其中之一称量木块重量, 对照原始重量分析细菌纤维素的有效产量。

4) 每天取出的另外一木块置于无菌密壁器中, 室温缓和干燥。以同样处理, 但没有接入细菌的培养基中浸泡的木块为对照, 制成切片于扫描电镜下观察细菌产纤维素对木质文物的修复效果。

2 实验分析结果

2.1 醋杆菌 *Acetobacter* sp. PDA 菌革兰氏染色结果

醋杆菌 *Acetobacter* sp. PDA 菌革兰氏染色结果为革兰氏阳性短杆菌。

2.2 醋杆菌 *Acetobacter* sp. PDA 菌 28℃ 静置培养的生长曲线

醋杆菌 *Acetobacter* sp. PDA 菌是典型的好氧菌，静置培养 2 天即到达稳定期，然后由于三角瓶内氧的耗竭，第 5 天迅速衰亡，进入了细菌的衰亡期。这个特点决定了细菌纤维素的生产高峰至少在细菌培养 3 天以后才可能出现，一般要持续培养 5 ~ 7 天才可以获得较高的产量（图 1）。因此本实验从第 4 天开始选取与细菌共培养的木块，进行扫描电镜观察。

2.3 木材试样切片扫描电镜观察结果

木材试样切片对照木块表面十分干净清晰，且木质纤维排列较为稀松，之间存在明显的间隙。木块与 PDA 菌株共培养后，第 4 天木块表面略有粉粒状物质覆盖，纤维排列仍较为稀松。之后随着时间的增加，表面细菌纤维素覆盖量逐渐增大，纤维间隙变小。扫描电镜结果表明产生细菌纤维素的醋杆菌 *Acetobacter* sp. PDA 菌株对饱水木构件有一定的修复效果。

3 讨 论

1) 在实验室条件下，细菌纤维素对小块古代木质内部结构的改善作用是肯定的。但是现阶段欲利用细菌纤维素来对古代木质文物进行保护修复却有着相当的局限性，存在着若干不得不解决的难题：

(1) 上述实验用于修复古代木质的产细菌纤维素的醋杆菌的培养条件仅停留在实验室的理想条件下。必须在实验室的严格无菌、恒温条件下，产纤维素细菌才可快速繁殖分泌细菌纤维素用来填充古代木质内部细胞壁的坍塌结构。

(2) 上述实验细菌纤维素保护修复的对象仅停留在 8cm³ 大小的古代木质。上述实验选用的试样虽然也为古代木质，其内部细胞壁结构与最终保护修复对象——古代木质文物的细胞壁结构一样，存在着坍塌，但是毕竟体积较小，醋杆菌培养液极易渗入其中，不存在渗透的问题。

(3) 上述实验用于保护修复古代木质的产细菌纤维素的醋杆菌是单一好氧菌。实验结果表

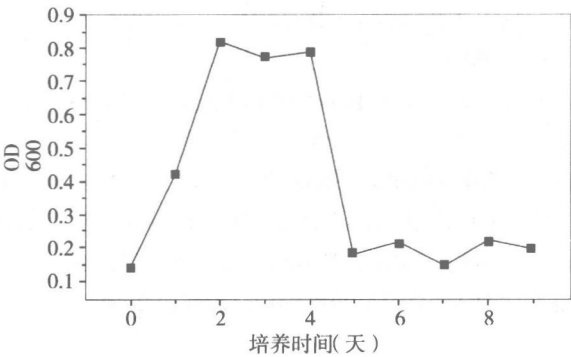


图 1 *Acetobacter* sp. PDA 菌 28℃ 静置培养的生长曲线

明醋杆菌 *Acetobacter* sp. PDA 菌株属于革兰氏阳性菌株, 属于单一好氧菌。由于实验中的试样为仅 8cm^3 大小的古代木质, 不存在氧气的供给的问题。

但是正是以上理想的实验室环境存在的几个难题制约着细菌纤维素应用于修复古代木质文物。首先古代考古出土的木质文物往往是体积巨大的, 如大型墓葬出土的棺槨, 这一类文物是无法按照实验室无菌的要求进行操作的, 并且也无法整体浸入细菌培养液中进行修复。某些大型遗址中的木构件甚至无法移动, 必须原址保存, 对于这类文物难度就更大了。但实验室又要求严格无菌操作, 一点点杂菌的带入都会导致产纤维素细菌的大量凋亡, 达不到修复木质文物的作用。由于木质文物体积过大, 产纤维素细菌只能停留在其浅层生长, 难以渗入大型木质文物深处, 即使进入木质文物深处也会由于供氧不足无法合成纤维素, 同样达不到修复的效果。

2) 综合以上目前存在的难题, 笔者认为现阶段利用细菌纤维素修复木质文物的进一步研究可从如下几个方面着手:

(1) 寻求适合于各种不同的古代木质细胞壁结构疏导剂, 以期使各种不同古代材质在利用细菌纤维素修复前内部坍塌的细胞壁结构畅通, 利于产纤维素细菌培养液的渗入。

(2) 对筛选出的菌株进行优化, 增大菌株纤维素的产量, 同时对筛选出的菌株逐渐在无氧条件下进行驯化, 使其由革兰氏阳性单一好氧型菌株向兼气型细菌转化。

(3) 建立一个以产纤维素的细菌为主的菌群, 使产纤维素细菌存在于菌群中, 即使在非严格无菌的条件下也不会对其纤维素的产量发生影响。使产纤维素细菌彻底摆脱严格无菌条件的限制。

实验结果表明, 细菌纤维素确对古代饱水木质有一定的修复效果, 但将其应用于修复木质文物还有相当长的一段路要走, 有待于从以上几个方面进一步的突破。

参考文献

- [1] Winandy J. E., Rowell R. M. The Chemistry of Solid Wood In: Rowell R. M., Ed Advances in Chemistry, 207. American Chemical Society: Washington DC, 1984: 211.
- [2] Stamm A. J. Wood and Cellulose Science. New York, Ronald, 1964.
- [3] Lagergren S., Rydholm S. Sockman L. Scen. Papperstidn. 1957, 60: 632.
- [4] Christensen G. N., Kelsey K. E.. Holzron Werkst. 1959, 15 (5): 178.
- [5] Brown R. M., Jr., J. H. M. Willson, and C. L., Richardson. Cellulose Biosynthesis in *Acetobacter xylinum*: Visualization of the Site of Synthese, Direct Measurements of the in Vitro Process. Proc. Natl. Acad. Sci. 1976, 73: 4565 ~ 4569.
- [6] Ross P., et al. Cellulose Biosynthesis and Function in Bacteria. Microbiological Reviews. 1991, 55 (1): 35 ~ 58.
- [7] A. Krystynowicz, W. Czaja, A. Wiktorowska - Jezierska, et al. Factors Affecting the Yield and Properties of Bacterial Cellulose. Journal of Industrial microbiology Br. Biotechnology, 2002, 29: 189 ~ 195.
- [9] Tajima, Kenji; Fujiwara, Masashi; Takai, Mitsuo; Hayashi, Jisuke. Synthesis of *Acetobacter Xylinum* Bacterial Cellulose Composite and Its Meth, Strength and Biodegradability, Mokuzai Gakkaishi, 1995, 41 (8): 749 ~ 57.
- [9] 贾士儒, 欧宏宇, 傅强. 新型生物材料——细菌纤维素. 食品与发酵工业, 2001.
- [10] 修慧娟, 王志杰, 李金宝. 细菌纤维素纤维对纸张性能的影响. 中国造纸, 2005.

西藏色卡古托寺维修保护工程 木材防腐防虫处理工艺

王永进*, 周伟强, 阎 敏, 王 翀, 柏 科, 纪 娟
(西安文物保护修复中心, 西安)

摘 要: 采用加压处理方法对西藏地区色卡古托寺维修使用木材进行防腐处理, 经 XRF 对木材中有效防腐剂成分 Cu、Cr 和 As 元素分析。结果表明, 此处理方法防腐剂渗透性好, 木材中有效成分含量高, 为西藏地区古建维修木材防腐处理提供参考。

关键词: 维修 木材 防腐 工艺

前 言

色卡古托寺藏语意为“九层公子塔”, 位于西藏山南地区洛扎县境内, 寺庙塔楼现存九层, 石墙到顶, 四面开窗, 寺内存有保存完好的大量珍贵壁画和佛像。2001 年被国务院公布为全国重点文物保护单位。由于寺庙为土木建筑结构, 历经风雨, 所有木质件均被严重虫蛀, 九层高的雕楼及左右两侧的建筑墙面多处出现裂缝, 屋面“阿嘎土”破损严重, 已经失去了防水功能, 存在很大的安全隐患, 针对木结构建筑易发生木材腐朽和虫蛀等问题, 当地文物部门非常重视, 将本次维修过程中木材的防腐处理作为一项必不可少的重要工作, 对工程规定使用的木材进行全面的防腐处理。为了减缓木材虫蛀腐朽, 延长建筑物的使用寿命, 木材防腐防虫处理。

1 防腐剂

1.1 木材防腐概述

木材保护是指用化学、物理和生物等手段保护木材, 使其免受各种损害, 以延长木材的使用寿命。其中, 最常用的是化学方法, 即用有毒药剂处理木材, 杀死危害木材的各种生物或阻止其生长。这一方法习惯上被称为“化学防腐”, 所用的药剂称作“防腐剂”。一种优良的木材防腐剂, 一般应符合下列要求:

- 1) 能杀死危害木材的生物(杀虫、杀菌);
- 2) 能保护木材不受生物损害(预防作用);
- 3) 透入性好, 能尽可能深的透入木材, 药剂透入木材后不被水流失, 不在空气中挥发;
- 4) 药效持久, 药剂处理后不影响木材的进一步加工;

* 作者简介: 王永进, 男, 2007 年毕业于陕西师范大学。现就职于西安文物保护修复中心, 主要从事文物检测分析研究。

5) 对人、畜无毒或低毒，不造成环境污染。

1.2 木材防腐剂种类

木材防腐及种类繁多，常用的化学防腐剂有油性防腐剂，水性防腐剂和复合防腐剂三类，其主要优缺点如表 1。

表 1 常用防腐剂类型比较

类别	代表物	优缺点
水性防腐剂	这类防腐剂有氯化物、氟化物、硼化物和砷化物等	价格便宜，易溶解，但对人畜毒性大，对木材、金属腐蚀性强，抗流失性以及对菌、虫的毒性范围窄等
油性防腐剂	主要包括克里苏油、煤焦油和有机溶剂型防腐剂	作为木材防腐剂有许多优点，如对木腐菌、昆虫、白蚁等生物有良好的毒杀和预防效果，抗雨水、气候性好，缺点是有刺激性气味，处理后木材变为黑色，影响木材的油漆彩绘
复合型防腐剂	CCA，ACQ 为代表	CCA 其主要化学成分为铬化砷酸铜，它清洁、无臭，处理后的木材表面可以上漆。ACQ 的主要化学成分为烷基铜铵化合物。它不含砷、铬等有毒化学物质，对环境无不良影响，且不会对人畜鱼及植物造成危害。这种处理方法较之 CCA 更佳，只是成本比 CCA 高出近 20%

1.3 木材防腐剂选择

综合分析以上几种类型的木材防腐剂，从高效、经济、低毒及不影响木材的后续油漆彩绘考虑，CCA 木材防腐剂清洁、无臭，渗透性大、抗流失性强，处理后的木材表面可以上漆。对白蚁、蛀木虫、腐朽菌有很高的毒杀力，不污染环境、对人畜无害，经 CCA 处理的木材使用寿命可延长 10 倍以上。本次木材防腐使用的是广东省林业科学研究院森工所监制，广东林科科技开发有限公司生产的 CCA - C 型木材防腐剂，主要化学成分为铬化砷酸铜（Chromated Copper Aarsenate），是目前有效的防腐处理产品。产品质量指标如表 2。

表 2 产品质量指标

产品名称	项目（%）	AWPA 标准
CCA	C _r O ₃	44.5 ~ 50.5
	CuO	17.0 ~ 21.0
	As ₂ O ₅	30.0 ~ 38.0
	活性成分含量	60.0 ~ 70.0（以氧化物表示）

2 木材防腐防虫处理方法

2.1 木构件蛀虫鉴别

西藏地处高海拔地区，气候干燥。色卡古托寺所使用的木材主要以高原松和柏树为主，其



图1 粉蠹虫（幼虫）

含水率在 5% ~ 14%，易受到木材害虫的危害。经过调查，该寺庙木构件大多数被粉蠹虫所蛀，粉蠹虫具有较强的抗旱力，几乎都能依靠空气中的湿度和木材中少量的水分就能满足其整个生存的需要。图 1 为色卡古托寺被拆换木构件发现的蛀虫。

2.2 木材防腐处理工艺流程

木材化学保护的成功与否，有效的药剂和适当的处理方法是两个缺一不可的关键因素。色卡古托寺属于砖木结构，整体保存完好，部分木构件虫蛀严重，木结构强度丧失，根据文物保护的最小干预原则，对寺庙中的整个木结构的重要构件根据木材腐朽程度的差异采用不同的处理工艺使其达到防腐防虫的目的，对于不可拆卸更换的木料采用喷涂法，可拆卸更换的木料采用加压浸泡法，具体操作工艺流程如图 2、3。

2.2.1 加压浸泡法

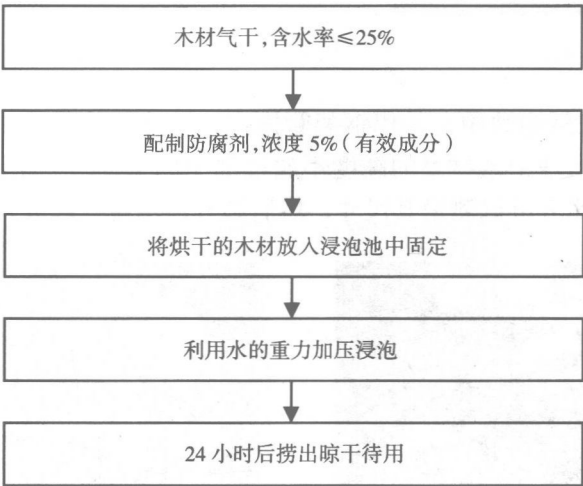


图2 加压浸泡法工艺流程图

2.2.2 喷涂法

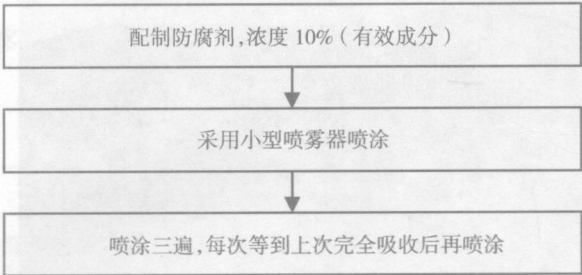


图3 喷涂法工艺流程图

3 具体操作步骤

3.1 前期准备

前期准备主要包括木材风干、挖浸泡池、配制防腐剂。

木材风干：木材含水率是影响防腐处理成败的重要因素，所以新砍伐的或潮湿的木材，必须经干燥后，方能进行防腐处理。一般需干燥到木材纤维饱和点含水率（约 30%）以下^[1]，为避免处理后木材的再加工破坏药剂处理层的完整性，在处理前应做好必要的加工，如锯割、凿孔、刨光等。

浸泡池：浸泡池的要求尺寸以处理木材的长度及处理量作为参考，我们需要处理木材的最长长度不超过 6m，池子的长度至少为 6m，宽度要求 1.5m 左右，池子过窄，不能满足加压处理的要求。另外，池子必须具有一定的强度，加压处理过程中将产生巨大的压力，防止压力过大使池壁产生裂纹，药液流失。

防腐剂配制：CCA 的有效成分浓缩度为 60%，加压浸泡使用浓度为有效成分 5%，与水的比例为：1:11；喷涂法使用浓度为有效成分 10%，与水比例为：1:5。

3.2 具体操作

3.2.1 加压浸泡法

1) 将风干的木材放入浸泡池中，并用钢架管固定，防止池中的木材受浮力影响不能被完全浸润，影响浸泡效果，放入池中木材量的高度不超过池子的 1/2。为检验木材的防腐效果，浸泡前将一个试验样块预先称重并准确测量其尺寸，然后和其他木材一起放入池子中（图 4、5）。



图4 实验样块浸泡前称重



图5 尺寸测量