



“十一五”国家科技支撑计划重点项目

“十一五”文化遗产保护领域 国家科技支撑计划重点项目论文集

文化遗产保护关键技术研究

科技部社会发展科技司 编
国家文物局博物馆与社会文物司(科技司)

文物出版社

封面设计 周小玮
责任印制 陆 联
责任编辑 吴 湘

图书在版编目(CIP)数据

文化遗产保护关键技术研究 / 科技部社会发展科技司, 国家文物局博物馆与社会文物司(科技司)编.

—北京: 文物出版社, 2010. 11

(“十一五”文化遗产保护领域国家科技支撑计划重点项目论文集)

ISBN 978 - 7 - 5010 - 3081 - 1

I. ①文… II. ①科…②国… III. ①文化遗产 - 保护 - 中国 - 文集 IV. ①K203 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 215572 号

“十一五”文化遗产保护领域国家科技支撑计划重点项目论文集

文化遗产保护关键技术研究

科技部社会发展科技司 编
国家文物局博物馆与社会文物司(科技司)

*

文物出版社出版发行

(北京东直门内北小街2号楼)

<http://www.wenwu.com>

E-mail: web@wenwu.com

北京京都六环印刷厂印刷

新华书店经销

787 × 1092 1/16 印张: 31.75

2010年11月第1版 2010年11月第1次印刷

ISBN 978 - 7 - 5010 - 3081 - 1 定价: 150.00元

“十一五” 文化遗产保护领域
国家科技支撑计划课题成果论文集
编辑委员会

主任委员：

王伟中 宋新潮

委员：（以姓氏笔画为序）

马 涛 马清林 马燕合 王旭东 刘华彬 闫 金
宋永华 苏伯民 吴来明 吴顺清 陈建明 陈港泉
周文生 苗建民 郑明燕 罗 静 段 勇 麻名更

序 言

历史悠久、弥足珍贵的中华民族文化遗产，既是不可再生、不可替代的深厚物质资源，更是博大精深、绵延不断的文化资源和精神资源，有着重要的历史、艺术和科学价值，对国家的统一、民族的团结、社会的和谐、人民的幸福具有重要的意义。

文化遗产保护科技是一个开放的复杂巨系统，包括人文社会科学、自然科学、工程技术科学等一切与文化遗产保护相关的科学和技术。作为多学科高度交叉综合的集成体，文化遗产保护科技已经在文化遗产价值的调查、认定、研究、展示、利用和传承，文化遗产本体的保存、保全和修复，以及对文化遗产相关环境的控制与治理中发挥着越来越重要的作用。文化遗产保护科技的进步对文化遗产事业的发展具有决定性影响，已成为推动着我国从文化遗产大国向文化遗产保护强国转变的核心要素，同时也将对国家科学和技术整体发展做出贡献。

“十一五”期间，在科技部的大力支持下，文化遗产领域有4个项目15项课题列入国家科技支撑计划第一批启动项目。包括“文化遗产保护关键技术研究”、“中华文明探源工程”、“大遗址保护关键技术与开发”、“古代建筑保护技术及传统工艺科学化研究”。随后，“石质文物保护关键技术及南京报恩寺地宫出土文物保护关键技术研究”、“中华文明探源工程及相关文物保护关键技术研究”又相继获得批复实施。国家文物局以组织实施国家科技支撑计划等重大科研项目为契机，努力推动体制机制创新，积极寻找建立跨学科、跨领域、跨行业、跨部门的合作机制与模式。通过重大科技计划的实施，统筹考虑行业的技术研发、装备升级、人才培养、基地建设和体制机制创新，实现了文化遗产保护科技的跨越式发展。

截止2010年初，第一批启动的4个项目15项课题已全部通过了结项验收，据不完全统计，共研发新技术（工艺）21项，新产品、新材料、新装置36项，获得自主知识产权和专利179项，制定技术标准40项，培养博

士、硕士研究生 301 名，发表文章 513 篇，出版专著 15 本。一些科研成果已广泛应用于第三次文物普查、长城资源调查、重点文物保护单位、大遗址保护工程、灾后文化遗产抢救性保护、馆藏文物保存环境改善、博物馆展示提升等重大工程和重点工作，文化遗产保护科技含量大幅提升，行业自主创新能力得到显著提高。

为进一步做好科技成果的推广工作，我们就文化遗产领域科技支撑计划的部分成果汇编成册，这既是文化遗产保护科技成果的展示，也是向所有关心文化遗产保护的社会各界的回报。

值此，向勇于实践、不断创新的科技工作者，向文化遗产的保护者和守卫者致以崇高的敬意。

编 者

目 录

第一部分 生物化学技术在古代丝织品 保护中的应用研究

生物技术在出土丝织品保护中的应用初探 …	吴顺清	魏彦飞	陈子繁	吴 昊	(3)
古代 (战国) 丝织品的降解特征初探 ……	刘秋香	吴顺清	赵 宇	方北松	
	李梅英	牛 菲	莫少波	童 华	胡继明 (10)
细菌纤维素发酵技术初步研究 ……	尹 娟	万中义	周荣华	王开梅	杨自文 (18)
高仿真模拟古代丝织品文物方法探讨 ……	郭 敏	邱祖明	吴顺清	田志宏	(25)
临时加固技术在糟朽丝织品文物揭展中的应用研究 ……	魏彦飞			邱祖明	(30)

第二部分 铁制文物综合保护技术研究

沧州铁狮子制作技术和材质与腐蚀状况研究 ……	宋 薇	李秀辉		韩汝玢	(39)
天津大沽口炮台遗址铁炮病害研究 ……	张治国	刘鸿亮		马清林	(53)
甘肃地区部分铁器的金相组织分析及 AMS- ¹⁴ C 年代测定 ……	陈建立			马清林	(65)
室外大型铁质文物除锈技术的探讨 ……				李艳萍	(81)
氯离子选择性电极测定铁器碱性脱盐溶液中氯离子的含量 ……………	成小林	陈淑英	韩 英	潘 路	梅建军 (88)
钼酸盐与钨酸盐缓蚀体系在钢铁及铁质文物上的应用进展 ……………	张治国	马清林		梅建军	(96)
钢铁及铁质文物有机缓蚀剂的研究进展 ……	李 园	张治国	沈大嫗	马清林	(103)
有机缓蚀剂和无机阴离子缓蚀协同效应研究和在钢铁方面的应用 ……………	田兴玲			马清林	(109)
过渡金属离子与有机物对钢铁的缓蚀协同效应 ……	李乃胜	马清林		李向红	(116)
硅酸盐缓蚀剂的研究及其在铁质文物保护中的应用 ……	沈大嫗			马清林	(124)
葡萄糖酸钠与锌盐对 Z30 铸铁的缓蚀协同研究 ……	李乃胜			马清林	(130)
乙醇胺和 KI 对低硅高硫铁的缓蚀作用 ……	田兴玲			马清林	(138)
派拉纶真空涂敷层对铁质文物的保护作用 ……	田兴玲			冯跃川	(144)

古代铸铁模拟样品的缓蚀保护及效果评估	李乃胜	马清林	(149)						
有机—无机杂化物在铁质文物保护中的应用研究	程 蓓	何积铨	(157)						
有机硅氟材料的改性研究进展及应用	范 敏	马振华	陈 粤	马清林	(168)				
铁质文物保护的封护材料	沈大嫻	马立治	潘 路	马清林	(174)				
氟碳涂料在铁质文物封护中的应用研究	马立治	沈大嫻	王永生	潘 路	马清林	(180)			
沧州铁狮子健康监测数据采集系统的研究与应用	范 峰	王化杰	金晓飞	陈 明	王 伟	马清林	永昕群	王林安	(190)
沧州铁狮子结构健康监测系统研究及测试试验	范 峰	金晓飞	王 伟	马清林	永昕群	王林安	(202)		
沧州铁狮子结构健康监测数据管理及集成系统的研究与应用	范 峰	陈 明	金晓飞	王化杰	王 伟	永昕群	王林安	(217)	

第三部分 馆藏文物保护环境应用技术研究

基于“洁净”概念的馆藏文物保存环境研究	吴来明	周 浩	蔡兰坤	(227)					
武汉博物馆文物保存环境检测研究	徐方圆	吴来明	解玉林	(236)					
文物保存环境中温湿度研究	徐方圆	解玉林	吴来明	(255)					
银纳米薄膜试片在博物馆藏展材料评估筛选中的应用	陈 晖	张 敏	孔令东	陈建民	周姣妮	王 升	吴来明	周新光	(266)
博物馆藏展材料评估筛选的薄膜试片测试法	陈 晖	孔令东	陈建民	王 升	吴来明	周新光	(276)		
薄膜试片测试法试片图像采集分析系统	庞 宁	黄 华	吴来明	陈建民	齐 春	(290)			
图像处理方法在研究纳米薄膜试片腐蚀特性中的应用	庞 宁	黄 华	吴来明	陈建民	齐 春	(297)			
馆藏文物保存环境检测用无动力扩散采样器初步设计	解玉林	徐方圆	吴来明	(310)					
离子色谱法同时检测微环境中的酸性气体	李 静	左 莹	施超欧	解玉林	吴来明	徐方圆	(322)		
博物馆室内微环境中碱性气体的被动采样方法研究	李 霞	李 静	徐方圆	解玉林	施超欧	(328)			
离子色谱法测定博物馆室内空气中氨的含量	李 静	施超欧	应 叶	解玉林	徐方圆	吴来明	(337)		

文物藏展常用木材挥发性酸“无动力扩散采样—离子色谱”检测快速评价方法	徐方圆 解玉林 刘 霞 施超欧 吴来明	(344)
木材中挥发性有机酸的 SPME-GC-MS 分析研究.....	周新光 吴来明 宋国新	(351)
石英晶体微天平法对腐蚀环境中有机酸性气体的检测	赵利红 闫 莹 周 浩 吴来明 彭熙瑜 蔡兰坤	(357)
聚合物膜修饰电极 QCM 方法对博物馆环境中典型气态分子污染物甲醛的检测研究	周 浩 吴来明 闫 莹 赵利红 彭熙瑜 蔡兰坤	(363)
不同掺杂聚苯胺膜对乙醇气体的吸附性能	彭熙瑜 闫 莹 周 浩 吴来明 赵利红 蔡兰坤	(370)
馆藏文物保存环境调湿材料研究进展	罗曦芸 吴来明 张文清 夏 玮 曹嘉洌	(377)
壳聚糖基调湿材料的制备及性能.....	曹嘉洌 罗曦芸 张文清 吴来明	(387)
羧甲基纤维素钠基复合调湿材料的制备与性能.....	张文清 沈方红 夏 玮	(394)
文物保存微环境用调湿材料调湿性能研究.....	徐方圆 解玉林 吴来明	(403)
文物保护环境中复合型吸附剂的研制.....	张文清 蒋 鑫 沈方红 夏 玮	(411)
博物馆文物环境用甲醛净化材料评价方法研究	罗曦芸 吴来明 徐方圆 张 磊 袁盛伟 杜一平	(418)
壳聚糖基功能材料的制备及性能测定	张文清 沈方红 丁 卯 蒋 鑫 夏 玮	(428)
含有壳聚糖基的甲醛吸附纤维纸的研制.....	罗曦芸 夏 玮 张文清	(437)
无酸纸的发展及其在文物保护中的应用.....	徐文娟 吴来明 解玉林 戴红旗	(445)
低温竹炭净化文物保存环境空气中氮氧化物的探索	詹天珍 修光利 徐方圆 吴来明 解玉林 刘兆辅 张大年 王大为	(451)
不同改性方式对竹炭净化气态氮氧化物效果的影响	王大为 修光利 徐方圆 刘兆辅 詹天珍 吴来明 解玉林 张大年	(459)
竹炭净化文物保存微环境空气低浓度氮氧化物	吴 燕 修光利 王大为 徐方圆 魏 华 刘兆辅 张大年 吴来明 解玉林	(468)
光催化降解馆藏文物环境的低浓度 NO_x 和有机酸	魏华 修光利 刘兆辅 张大年 徐方圆 吴来明 解玉林	(476)
文物保存微环境空气氮氧化物集成净化技术研究	王大为 修光利 张大年 徐方圆 刘兆辅 吴来明 解玉林 魏 华 吴 燕	(485)
小环境充氮过程实验研究.....	罗曦芸 周新光 胡晓芳	(491)

第一部分

生物化学技术在古代丝织品 保护中的应用研究

(课题编号：20060380028001)

生物技术在出土丝织品保护中的应用初探

吴顺清，魏彦飞，陈子繁，吴昊

(荆州文物保护中心，湖北荆州，434020)

内容摘要：丝织品文物出土前由于受到各种不良埋藏环境的综合作用，出土时已丧失了原有的物质性能，从宏观的角度看，表面形貌发生了明显的变化，其质地不再那么致密均匀、圆润柔软、富有光泽，且炭化粘连、霉害污染、强度降低。采用生物技术对出土丝织品文物进行揭展、清洗、加固等保护处理，处理后的出土丝织品性能得到了很大恢复，抗张强度、色泽、柔软度、质感都得到了很大提升。

关键词：出土丝织品 生物技术 揭展 清洗 加固

0 序 论

丝织品文物为蛋白质纤维织物，属于出土文物中难以保护的有机质文物类别。特别是发掘出土的丝织品文物，长期处于潮湿的环境中，历经地下侵蚀数千年，出土时已丧失了原有的物质性能，从宏观的角度看，表面形貌发生了明显的变化，其质地不再那么致密均匀、圆润柔软、富有光泽，且炭化粘连、霉害污染、强度降低。如何实施科学有效的保护至关重要。现阶段文物保护学意义上的共识是为了保存文物的历史原貌及其自身所蕴藏的文化内涵，亦即最小干预原则，而以往所采用的化学或物理方法存在着某些缺憾，现代生物科技具有“真实、天然”的特性，预期可在一定程度上有效避免或解决这些缺憾。

1 丝织品的保护处理与需要解决的关键问题

1.1 丝织品的保护处理

以出土丝织品为例，一般情况下，其保护处理主要包括以下几个方面的工作：一是揭展，解决相互粘连、叠压等问题；二是清洗，解决丝织品去污、去斑等问题；三

是加固, 恢复或部分恢复丝织品的相关物质性能。

1.2 需要解决的关键问题

1.2.1 揭展

由于出土丝织品自身质弱、脆化、机械性能差, 在解决相互粘连、叠压等问题时, 安全完整是关键。

1.2.2 清洗

既能清除出土丝织品的菌斑和其他污渍, 又不损坏丝织品的基质, 无残留。

1.2.3 加固

能部分的恢复丝织品的各项性能, 如抗张强度、柔软度、伸长率等。且不改变丝织品的原貌。

2 基本技术思路

2.1 生物法揭展的基本技术思路

馆藏丝织品机械性能差, 相互叠压粘结在一起, 层间存在各类有机和无机的结晶体, 解决这一问题的主要思路是: 筛选适当的生物表面活性剂类物质以及具有膨胀和软化功能的微生物及其代谢产物进行层间的分离。为了确保揭展的完整性, 对于特别糟朽的部位, 考虑选用生物类材料进行临时加固。

2.2 生物法清洗的基本技术思路

经检测分析, 丝织品表面存在的污染主要为各种有机类结晶体, 如蛋白类结晶、多糖类结晶和脂肪类结晶以及一些微生物引起的霉斑, 同时还存在无机盐的晶体。解决这些问题的主要思路是: 筛选具有分解、转化功能且能分泌清洗污渍和霉斑作用的菌株, 分析研究相关酶或生物活性物质, 并通过各种相关酶和生物活性物质的相互组合和不同清洗条件试验, 确定最适合丝织品清洗的相关清洗液和相关清洗条件。

2.3 生物法加固的基本技术思路

对糟朽丝织品从分子结构和分子构象的微观角度来看, 丝蛋白的构象发生了肽键断裂, 结晶度变小, 热稳定性变差等变化。这些变化使得古代丝织品失去了原有的强度。对其进行加固处理的主要技术思路是: 选择某些微生物或生物材料, 利用微生物代谢产物中功能类似丝织品主要成分的物质, 恢复或部分恢复原有的物质结构。如细

菌纤维素作为加固材料具有其独特的优势，其弹性模量极好、抗张强度高、具有良好的生物相容性和适应性、合成的附壁特性以及可调控性等。通过物理或化学方法进行诱变，采用分子生物学手段定向选育高产纤维素菌株，研究产纤维素菌株的最佳培养基配方和培养条件，采用雾化的方式布菌，探索温度、湿度及布菌频次对细菌纤维素合成的影响，研究促进细菌纤维素沿丝织物纤维的方向有序合成和排列的方法，提出优化的加固修复工艺路线和技术参数。

3 关键技术

3.1 揭展

3.1.1 层间污物的分析检测

出土丝织品层间污渍和霉斑的形成成因复杂，种类较多，科学有效的分析检测手段对揭展工作至关重要。丝织品文物异常珍贵，探索采用现代仪器分析设备实行微量无损检测，如 X 射线微量样品杯的开发、氨基酸全水解条件的摸索、X - 荧光微量异型样品的装台方法以及相应的各分析条件，分子光谱和微束分析方法中采用非常规的表面技术，如衰减反射红外（ATR），反射 X 射线等是揭展技术的关键之一。

3.1.2 具有相关功能微生物的筛选及其生物活性物质的相互组合

丝织品层间常见的主要污物是各类有机物和无机盐的结晶体，各类物质相互掺杂，由于时代久远，条件复杂，污物连同丝织品一起发生板结、矿化等反应，给揭展工作带来了很大难度。生物技术解决揭展问题的关键是筛选到具有膨胀、憎水功能的微生物，结合具有软化等作用的生物活性类物质，在适当的环境中使叠压黏结的丝织品层间分离。

3.2 清洗

3.2.1 筛选具有合成清洗各类污物活性物质的微生物

丝织品污物种类繁多，筛选具有针对性去除污物的微生物菌株尤为重要。相关活性物质的分析、相互组合，在各种不同条件下进行清洗试验，确定最佳清洗剂配方和清洗工艺，对常见的如蛋白类、脂肪类、多糖类和菌斑类污物需要具有针对性的生物类活性物质进行去除，同时对其他各类污物具有广谱性清洗效果是清洗技术的关键。

3.2.2 无损清洗技术

由于丝织品污物与丝织品附着面上存在着多组分多结构体系，存在各种不确定因素，通过各种清洗工艺清洗效果的分析检测验证，清洗工作做到无损丝织品的表面至关重要。

3.3 加固

3.3.1 高产细菌纤维素菌株的选育

目前已有的细菌纤维素产生菌生产细菌纤维素的效率不高,采用物理和化学方法进行菌株诱变以及采用分子生物学技术进行高产细菌纤维素菌株的定向选育是加固技术的前提。

3.3.2 菌株最佳培养基配方和培养条件的优化

不同培养基配方和培养条件对微生物细菌纤维素的合成能力有很大的影响,通过单因子组合正交试验,对培养基中碳源、氮源、无机盐和其他生长因子进行研究,寻找细菌纤维素合成菌株最适的营养生长培养基配方和培养条件;通过添加前体、辅助因子,配合发酵条件改进,获得快速、高产的细菌纤维素生物合成方法是生物技术加固丝织品的重要保障。

3.3.3 优化选择最佳加固工艺

在不同的温湿度条件下,以雾化方式进行细菌纤维素合成菌株及其合成所需材料的涂布,研究雾化频次对丝织品加固效果的影响,得到优化的加固工艺;进一步研究细菌纤维素沿丝织物纤维方向有序合成和定点定量合成的调控措施,实现丝织品加固修复的最小干预性,获得最佳工艺是生物技术加固丝织品的核心。

4 实例

4.1 实例 1

4.1.1 试材

荆州博物馆馆藏马山一号战国楚墓出土龙凤虎纹绣罗单衣衣袖,国家一级文物;复合生物清洗液(自制);生物加固液(自制)。

4.1.2 方法

原位修复法主要流程:复合生物清洗液清洗→蒸馏水清洗→生物加固液加固→防虫防霉等后处理→结束。

4.1.3 检测分析

经生物技术处理的丝织品进行各项指标分析检测。

4.2 实例 2

4.2.1 试材

湖南省博物馆馆藏长沙马王堆刺绣丝棉袍,国家 2 级文物;复合生物清洗液(自

制)；复合生物加固液（自制）。

4.2.2 方法

原位修复法主要流程：复合生物清洗液清洗→蒸馏水清洗→生物加固液加固→防虫防霉等后处理→结束。

4.3 实例结果讨论

4.3.1 实例1结果

实例1结果表明生物技术处理效果：未处理前 色彩灰暗，手感发硬，稍碰即损。经处理后 色泽稳定亮丽、手感柔润，纹饰层次分明、立体感强、任意角度折叠（图1）。

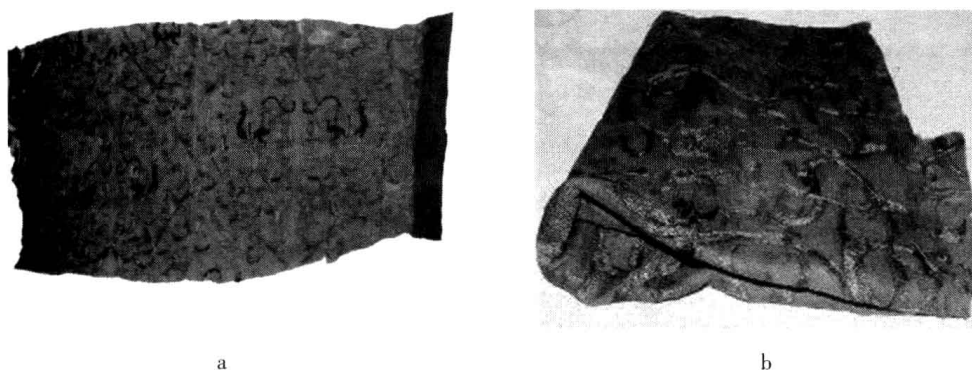


图1 未处理 (a) 已处理 (b)

4.3.2 实例1分析检测数据

零强度的糟朽出土丝织品经过生物技术处理后，主要指标检测结果见下表。

表1 检测指标

序号	检验项目	计量单位	实验结果	检验方法标准
1	抗张强度	KN/m	0.088	GB/T453-2002
2	伸长率	%	6.66	GB/T453-2002
3	柔软度	mn	294	GB/T8942-2002
4	色空间度明指数	L*	32.37	GB/T7975-1987
		A*	33.98	GB/T7975-1987
		B*	2.61	GB/T7975-1987
5	色品坐标	X10	0.430	GB/T7975-1987
		Y10	0.288	GB/T7975-1987
6	刺激值	X10	10.81	GB/T7975-1987
		Y10	7.25	GB/T7975-1987
		Z10	7.08	GB/T7975-1987

4.3.3 实例2 的修复效果

实例2 的修复效果（图2），结果表明生物技术保护丝织品具有可重复性。

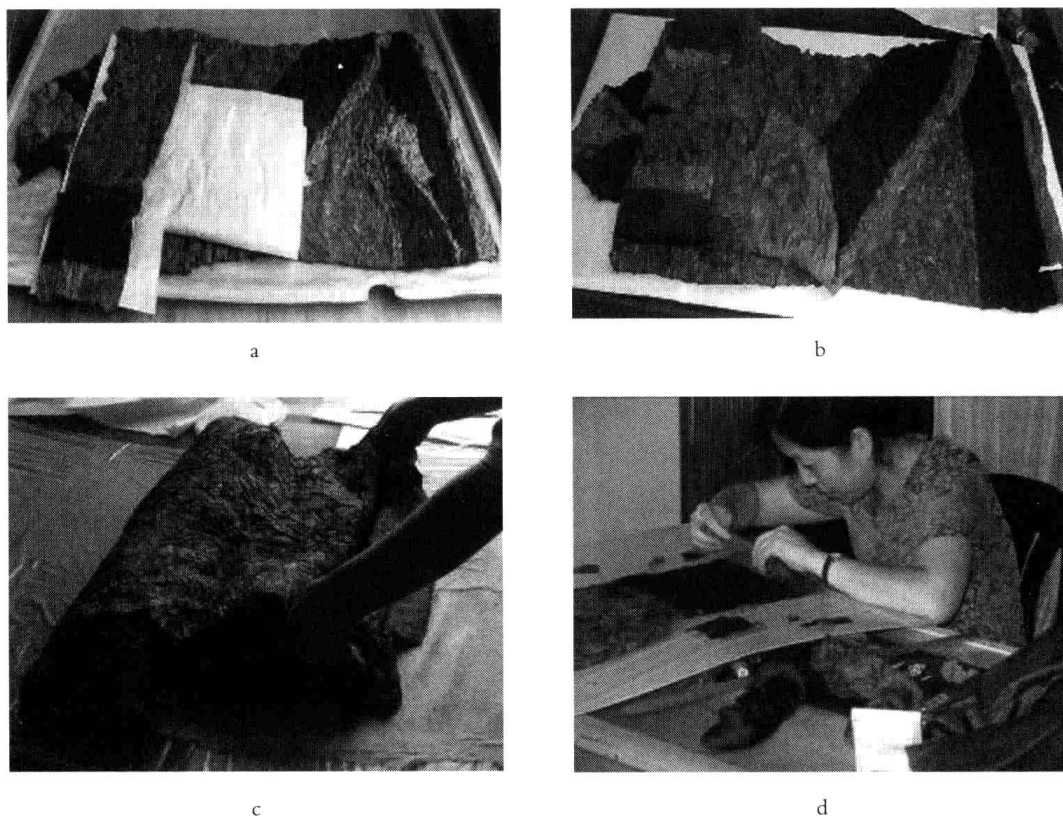


图2 未处理 (a) 已处理 (b) 能折叠 (c) 可缝补 (d)

5 结 论

生物技术处理的总体效果明显，未处理前 色彩灰暗，手感发硬，稍碰即损，只能平摊存放在箱柜里置于仓库。经处理后 色泽稳定亮丽、手感柔润，纹饰层次分明、立体感强、任意角度折叠，能手工缝补，可作为展品陈列。

初步研究的结果证明了生物技术应用于文物的科技保护是可行的，在文物保护技术领域里将会有良好的前景。