

# 一种新型纳米纸质文物、档案保护技术的应用研究

郑亮, 孙建明, 靳军

(北京嘉润通力科技有限公司, 北京 100192)

**摘要:** **目的** 提高纸质文物、档案的防水、防酸、抗老化等性能。**方法** 把样品放入 JRP 镀膜设备中, 控制真空、温度、电场、磁场等条件对化学原料进行真空聚合, 在样品表面形成纳米级保护膜。通过老化前后色度值、水接触角、耐折度、拉伸强度和海水浸泡等测试, 来分别评价样品的防水、防酸、抗老化、抗撕裂等性能, 并通过扫描电镜对制备的纳米级厚度的聚合物保护膜进行了检测和分析。**结果** 镀膜纸在湿热老化前后、紫外和酸雨老化前后的色差均较小。JRP 镀膜后的宣纸样品正反面接触角平均值均大于  $90^\circ$ , 而未镀膜的宣纸的接触角为  $0^\circ$ , 是处于完全润湿状态。SEM 照片显示镀膜后纸张纤维宏观尺寸没有变化, 纤维之间的孔洞也未见堵塞。耐折度测试结果表明, 镀膜处理后可略微提高纸张的纵向耐折度。纸张拉伸强度测试表明, 镀膜纸张的横向拉伸强度明显高于原纸张。酸蚀实验和海水浸泡实验表明, 镀膜后的纸张样品抗酸和海水腐蚀性能优于未镀膜纸张。**结论** 镀膜对纸张的颜色没有影响, 保持了其原貌, 同时能一定程度地减小湿热老化和紫外老化对纸张颜色的影响。镀膜使纸张具有良好的疏水防水功能, 耐折度和拉伸强度有一定的提高, 具有防酸蚀和海水腐蚀的膜层保护了基材。

**关键词:** 真空纳米镀膜; 聚合物; 水接触角; 文物保护; 档案保护; 文物防水; 疏水; 斥水

**中图分类号:** TB43 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3660(2017)07-0201-07

**DOI:** 10.16490/j.cnki.issn.1001-3660.2017.07.034

## Application of A Novel Nano Conservation Technology for Paper Cultural Relic and Archives

ZHENG Liang, SUN Jian-ming, JIN Jun

(Beijing Jia Run Power Tech., Co., Ltd (JRP), Beijing 100192, China)

**ABSTRACT:** The work aims to improve properties of paper relics and archives including water proofing, acid proofing and aging resistance. Samples were put into JRP's coating equipment, then nano protective film was formed on the surface of samples by performing vacuum polymerization to chemical raw materials under conditions of vacuum, temperature, electric field and magnetic field. Properties of the samples including water proofing, acid proofing, aging resistance and tear resistance were evaluated, respectively by performing such tests as chromatic value before and after aging, water contact angle, fold resistance, tensile strength and immersion in seawater. Meanwhile, the prepared nano protective polymerized film of nanoscale thickness was tested and analyzed using SEM. The chromatic aberration of coated paper changed slightly under following conditions: before and after hydrothermal aging, ultraviolet aging and acid rain aging. Average water contact angle on front and back side of the coated Chinese art paper was over  $90^\circ$  while that of uncoated paper was  $0^\circ$ , the latter was in the state of complete wetting. SEM photos showed that the macro-size of paper fiber did not change, and no holes between the fiber was blocked. Fold resistance test showed that longitudinal folding strength of the paper could be improved slightly by coating. Tensile strength test showed

收稿日期: 2017-02-14; 修订日期: 2017-05-26

Received: 2017-02-14; Revised: 2017-05-26

作者简介: 郑亮 (1968—), 男, 工学博士, 主要研究方向为纳米功能表面材料及工艺。

**Biography:** ZHENG Liang (1968—), Male, Doctor of engineer, Research focus: nano functional surface material and technology.

that crosswise tensile strength of the coated paper was apparently higher than that of the original paper. Acid etching test and seawater immersion test showed that the coated ones exhibited better acid proofing and seawater corrosion resistance than uncoated ones. Coating has no effect on paper color, it can maintain original appearance of paper color while reducing effects of hydrothermal aging and ultraviolet aging to a certain extent. Coating provides good waterproof and hydrophobic functions for the paper, and can improve folding strength and tensile strength of the paper to a certain extent. The acidproof and seawater corrosion resistant coating film protects the substrate.

**KEY WORDS:** vacuum nano coating; polymer; water contact angle; cultural relics preservation; archives preservation; cultural relics waterproof; hydrophobic; water repellent

我国悠久的历史积累了大量的珍贵历史档案和保护历史档案的经验。尽管当今是电子档案和纸质档案并存的时代,但是纸质档案如书籍、文件、文献、书画、碑帖、报纸等纸质物品,仍然是我国各级档案馆、档案室和博物馆的主要收藏品。它们为人类文明的传播与延续、社会的进步与科学技术的发展,发挥了难以替代的重要作用。纸质档案相比于电子档案具有客观性、原始性,同时也更具有法律效用,难以删改和造假。中国目前现存历史纸质档案 3000 余万卷之巨,是国家宝贵的文化财富<sup>[1-3]</sup>。

以纸张作为载体的纸质档案,在长期保管、使用过程中会受到各种因素的影响,而逐渐发黄、变脆、生虫、霉变、破损及字迹扩散、褪变等。产生这些现象的原因有内因和外因。内因包括制纸纤维的种类、质量、胶料、酸、金属离子的存在及纸张中的其他成分和档案字迹的材料。外因包括保存档案的环境(如室内的温度、湿度、光照、灰尘、霉菌、虫害、大气中的有害物质等)和在保管、借阅、复制过程中的机械磨损、污染(唾沫、油腻、手印)等<sup>[4-5]</sup>。

纸张纤维素含量的高低直接影响纸张的性能。纤维素含量高,纸张的拉力、耐折度、耐久性就强。耐久性是指物质在长期的保存和使用过程中,保持其原有性能的能力<sup>[6-7]</sup>。档案的字迹材料以碳黑为色素的字迹最耐久,如墨汁、黑色油墨、碳素墨水等,而以染料为色素的字迹稳定性较差,如圆珠笔、复写纸、传真等<sup>[8]</sup>。纸张老化腐蚀、强度下降后,其面貌也可能因此发生变化<sup>[9]</sup>。

为了保护这些珍贵的历史档案,最大限度地延长其寿命(耐久性),历代劳动人民付出了艰辛的努力,取得了一些保护方法。对于纸质文物、档案的灭虫防蛀,目前国内常用化学方法,如化学药剂熏蒸或使用防霉、杀虫剂直接除治微生物或害虫<sup>[10-11]</sup>,但这类化学试剂对人体和环境都有害。国外已采用物理方法,如微波灭菌杀虫、伽马射线辐射灭菌杀虫、气调杀虫和低温杀虫<sup>[12-13]</sup>。但这些方法都有各自的局限性,很难大范围地推广使用。

对老化纸张的加固,国内主要采取物理加固法,

如托裱法和丝网加固<sup>[14]</sup>。但托裱法仅适用于单面纸质文献,且背衬纸对厚度和外观有一定影响。丝网加固用的动物丝的化学性质不稳定,可能会给纸张带来新的腐蚀。物理加固的最大不足是没有从根本上解决纸质档案的老化问题。国外常用的方法是派拉伦(Parylene)成膜加固法和树脂加固法<sup>[15-16]</sup>,但前者的原料和设备都比较昂贵,工艺复杂,高温的工作环境可能会对纸质文物有影响,而后的耐腐蚀能力和防水能力弱。鉴于此,各国科研工作者和业内人士都在谋求一种纸质文物档案保护技术,在不影响文物原有物理化学及力学性能的前提下,可有效提高纸质文物的抗湿、抗氧化、固色、防污、防霉抗菌、防蛀、防酸蚀、耐老化和耐折等性能。

北京嘉润通力科技有限公司(JRP)多年来一直致力于真空镀膜技术的探索和研究,成功地研发出了在纸张上的纳米级镀膜。JRP 镀膜工艺具有环保、操作简单和成本低廉等特点。纳米技术将带动档案保护技术革命性的发展,使纸质文物、档案保护技术产生质的飞跃。

## 1 镀膜过程及性能测试

### 1.1 JRP 真空纳米镀膜过程和原理

首先打开北京嘉润通力科技有限公司生产的镀膜设备 Schwarze P10C-COATING( $\phi 200$  mm×高 150 mm)的舱门,取出工装,把样品纸放在工装上,再放入镀膜设备,关闭舱门。设置控制系统的参数,泵开启抽真空(为了将舱体内压力降到要求的压力值),设置处理时间,进气(通入需要的工艺气体),辉光(设备进入工作状态),排气(破除真空状态回到大气压),点击设备上的“开始”按键,设备自动运行完后,打开舱门,取出镀好膜的样品纸,关上舱门。见图 1 设备示意图。

JRP 真空纳米镀膜的原理是:在真空环境下,在适当的真空度、温度、电场和磁场等各种条件催化下,将单种或多种工艺气体部分分解成自由基和原子并带电,同时产生定向运动,把材料置于离子运动的路

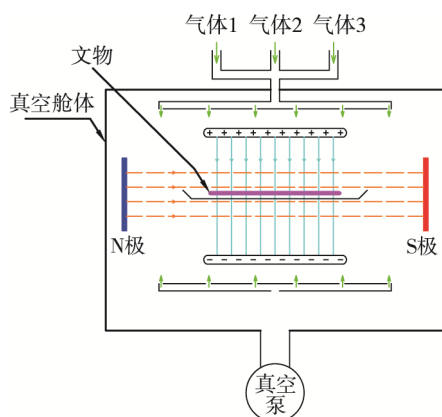


图 1 设备示意图

Fig.1 Schematic diagram of equipment

径上，并在材料周围设定聚合条件，最后在材料表面沉积生长出一层或多层纳米级超薄聚合物。根据不同功能的膜层需要，可以通过调整工艺气体材料、温度、电场、磁场等条件，形成不同功能的膜。聚合原理见图 2。

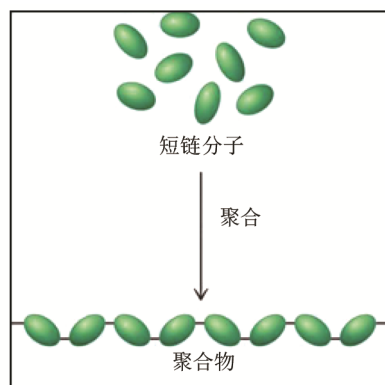


图 2 聚合原理示意

Fig.2 Schematic diagram of polymerization

## 1.2 性能测试

### 1.2.1 样品

原宣纸样品和镀膜后宣纸样品都按以下尺寸裁剪好：75 mm×150 mm、150 mm×15 mm、450 mm×450 mm、65 mm×50 mm、300 mm×100 mm、100 mm×100 mm、150 mm×150 mm、150 mm×15 mm。普通铁片和镀膜后铁片的尺寸为 100 mm×25 mm。

### 1.2.2 仪器

JGW-360A 接触角测试仪，承德市成慧试验机有限公司；MIT 耐折度测定仪，杭州研特科技有限公司；程式恒温恒湿箱，上海江凯机械有限公司；TA.XYPlus 质构仪，台湾超技仪器有限公司；pHs-3C pH 计；JZ-300 通用色度仪；日本日立 S-4300N 扫描电子显微镜。

### 1.2.3 测试

宣纸试样( 75 mm×150 mm )镀膜,参照国标 GB/T

7921—2008《均匀色空间和色差公式》，用色度仪测试试样镀膜前后的色度值。

宣纸试样( 150 mm×15 mm )镀膜，然后进行酸雨老化。即配制 0.2 g/L NaHCO<sub>3</sub>+0.2 g/L Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的混合水溶液作为模拟酸雨溶液，用稀硫酸调节其 pH 值为 5.00，将试样浸泡在模拟酸雨中 24 h。参照国标 GB/T 7921—2008《均匀色空间和色差公式》，测试试样镀膜前后的色度值。

宣纸试样( 150 mm×15 mm )镀膜，然后进行湿热老化。即参照国标 GB/T 22894—2008《纸和纸板 加速老化 在 80 ℃ 和 65%相对湿度条件下的湿热处理》，用恒温恒湿箱调节环境的温度为 80 ℃，相对湿度为 65%，将试样放置在恒温恒湿箱中老化 72 h。参照国标 GB/T 22898—2008《纸和纸板 抗张强度的测定 恒速拉伸法（100 mm/min）》，测试纸张镀膜前后的拉伸强度。测试试样镀膜前后的色度和色差值。

宣纸试样( 450 mm×450 mm )镀膜，然后进行紫外老化。即将试样放置在 45 W 紫外老化灯下辐射 72 h 后，静置 12 h，参照国标 GB/T 7921—2008《均匀色空间和色差公式》测试试样镀膜前后的色度值，计算紫外老化前后纸张的色差。

纸张试样( 65 mm×50 mm )镀膜，然后用扫描电子显微镜观察样品的表面形貌，通过喷金处理增加样品的导电性。

清代宣纸( 300 mm×100 mm )和宣纸试样( 100 mm×100 mm )镀膜，进行滴水测试，即用滴管滴 4—5 滴纯净水于试样上，观察试样镀膜前后水滴在其上的形状及纸遇水后的变化。

宣纸试样( 150 mm×150 mm )镀膜，测试镀膜前后的接触角，即通过测定去离子水在物体表面形成的接触角来表征物体表面的湿润性。

宣纸试样( 150 mm×15 mm )镀膜，参照 GB/T 457—2008《纸和纸板 耐折度的测定》，加载力为 9.81 N，测试试样镀膜前后的耐折度。

为了便于观察，用铁片( 100 mm×25 mm )代替纸做酸蚀实验和海水浸泡实验。将镀膜后的铁片和未镀膜铁片都浸入 0.1 mol/L 盐酸和 3.5%氯化钠溶液里（类似于海水盐度），常温下放置 72 h 后，观察铁片的变化。

## 2 结果和讨论

### 2.1 色度值和色差分析

由表 1 可见，镀膜处理后，纸张的色度值变化很小，色差  $\Delta E$  只有 0.3。所以镀膜对纸张的颜色没有影响，保持了纸张原有的颜色，说明镀膜用于纸质文物的保护时具有不改变文物原貌的特点。由表 2 可

见, 酸雨老化后, 镀膜纸的色差为 2.9, 略大于原纸的 1.7, 都介于 1.5~3.0 之间, 属于较小色差, 说明镀膜用于纸质文物的保护时具有不改变文物原貌的特点。由表 3 可知, 湿热老化后, 镀膜纸的色差为 0.1, 小于未镀膜纸的 1.1。说明镀膜能减小纸张在湿热老化下的颜色变化, 有利于纸张抵抗湿热储存条件。由表 4 可见, 紫外老化后, 镀膜纸的色差为 2.9, 小于未镀膜纸的 5.1。说明镀膜能在一定程度上减小紫外老化对纸张颜色的影响。正因为膜层具有无色透明和抗腐蚀性等特点, 使镀膜不仅能保持纸张原有的颜色, 还能抵抗酸雨、湿热和紫外线的侵害。

表 1 纸和镀膜纸色度值和色差  
Tab.1 Chromatic value and aberration test of coated paper and un-coated paper

色度、色差	纸 ( 75 mm× 150 mm )	镀膜纸 ( 75 mm× 150 mm )
$L^*$	63.0	63.2
$a^*$	4.4	4.5
$b^*$	13.1	13.3
$\Delta L^*$		0.2
$\Delta a^*$		0.1
$\Delta b^*$		0.2
$\Delta E$		0.3

表 2 酸雨老化后的纸和镀膜纸色度和色差  
Tab.2 Chromatic value and aberration test results of coated paper and un-coated paper after acid rain aging

色度、色差	纸 ( 150 mm× 15 mm )	镀膜纸 ( 150 mm× 15 mm )
$L^*$	69.8	69.8
$a^*$	15.4	16.2
$b^*$	23.7	22.6
$\Delta L^*$	0.2	-0.3
$\Delta a^*$	1.6	2.4
$\Delta b^*$	-0.7	-1.6
$\Delta E$	1.7	2.9

表 3 湿热老化后的纸和镀膜纸色度值和色差  
Tab.3 Chromatic value and aberration test of coated paper and un-coated paper after hygrothermal aging

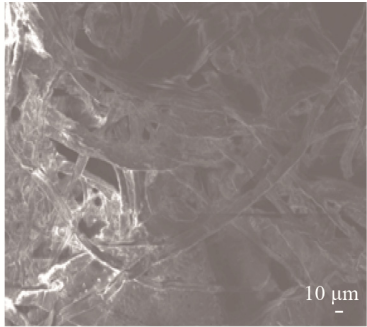
色度、色差	纸 ( 150 mm× 15 mm )	镀膜纸 ( 150 mm× 15 mm )
$L^*$	61.9	63.6
$a^*$	4.8	4.8
$b^*$	13.7	13.7
$\Delta L^*$	-1.1	0.1
$\Delta a^*$	0.1	0.1
$\Delta b^*$	0.4	0.1
$\Delta E$	1.1	0.1

表 4 紫外老化后的纸和镀膜纸色度值和色差  
Tab.4 Chromatic value and aberration test of coated paper and un-coated paper after ultraviolet aging

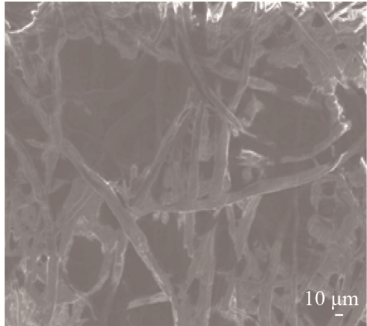
色度、色差	纸 ( 450 mm× 450 mm )	镀膜纸 ( 450 mm× 450 mm )
$L^*$	68.0	66.0
$a^*$	3.6	3.7
$b^*$	13.9	14.7
$\Delta L^*$	5.0	2.4
$\Delta a^*$	-0.8	-0.6
$\Delta b^*$	0.8	1.6
$\Delta E$	5.1	2.9

2.2 纸张镀膜前后 SEM 分析

图 3a 和图 3b 是宣纸镀膜前后的照片, 可见纤维宏观尺寸没有变化, 纤维之间的孔洞也未见堵塞。镀膜比较均匀, 纤维的存在状态 ( 纤维的交叉关系 ) 没有宏观变化。这是因为镀膜为纳米级, 包裹微米级的纤维不会造成什么变化。同时镀膜在真空环境下进行, 设备内部的气路结构布局合理, 所以膜层会均匀沉积在纸张表面。



a 宣纸镀膜前



b 宣纸镀膜后

图 3 膜层的表面形貌

Fig.3 Surface appearance of the coating film

2.3 接触角测试分析

由图 4 可见, 没有镀膜的宣纸完全被水润湿, 而经过 JRP 真空纳米镀膜过的宣纸上的水以水珠形式在纸表面停留或者滚动, 说明镀膜后的纸张具有良好的疏水性能。由表 5 可见, 未镀膜的宣纸的接触

角为 0°，处于完全润湿状态。由表 6 可见，JRP 镀膜后的宣纸正反面接触角的平均值均大于 90°，表现为良好的疏水性。大致原因是特定材料形成的膜结构具有表面能低的特点，从而产生斥水现象。



a 清代宣纸镀膜前后对比



b 普通宣纸镀膜前后对比

图 4 疏水性比较

Fig.4 Hydrophobicity comparison: (a) hydrophobicity difference of before and after Qing dynasty paper coating, (b) hydrophobicity difference of before and after paper coating

表 5 原宣纸接触角测试结果

Tab.5 Contact angle test results of original Chinese art paper

测试次数	正面接触角	反面接触角
	$\theta/(^{\circ})$	$\theta/(^{\circ})$
1	0	0
2	0	0
3	0	0
Average value	0	0

表 6 JRP 镀膜宣纸接触角测试结果

Tab.6 Contact angle test results of JRP coated Chinese art paper

测试次数	正面接触角	反面接触角
	$\theta/(^{\circ})$	$\theta/(^{\circ})$
1	120.80	116.00
2	117.00	117.00
3	122.00	116.64
Average value	119.93	116.55

2.4 纸张镀膜前后耐折度分析

由表 7 可见，镀膜处理后，纸张在横、纵向的耐折度基本不变，初步实验说明，镀膜处理基本不改变文物原有的耐折度，但可略微提高纵向耐折度。这是因为镀膜为纳米层厚度，具有良好的柔韧性，所以不会降低纸张的折叠次数。

表 7 纸张耐折度测试结果

Tab.7 Folding strength test result of paper

试样	耐折度（次）			
	原纸张		镀膜纸张	
	横向	纵向	横向	纵向
平行样1	8	1	8	2
平行样2	8	1	7	2
平行样3	9	1	10	2
标准值	8.3	1	8.3	2.0
相对标准偏差/%	0.6	0	1.5	0.0

2.5 纸张拉伸强度分析

由表 8 可见，经过湿热老化处理后，镀膜纸张的横向拉伸强度明显高于原纸张，纵向拉伸强度基本和原纸张持平。初步说明镀膜可以提升纸张的抗湿热老化性能，增加了纸张的耐久性。这是因为镀膜膜层对水汽有阻隔作用和疏水功能，所以本体材料不会被破坏。

表 8 纸张湿热老化后拉伸强度测试结果

Tab.8 Tensile strength test of paper after hygrothermal aging

试样	拉伸强度/mN			
	原纸张		镀膜纸张	
	横向	纵向	横向	纵向
平行样1	10 816.51	6233.274	13 422.0	7052.4
平行样2	11 463.97	5870.304	11 653.3	6121.4
平行样3	10 490.81	6686.496	12 269.4	5654.5
平均值	10 923.8	6263.4	12 448.2	6276.1
相对标准偏差/%	4.5	6.5	7.2	11.3
镀膜+湿热老化前后拉伸强度增加/%			32.3	14.0



## 2.6 酸蚀实验分析

图5显示,左边镀膜铁片没有受到酸的腐蚀,而右边未镀膜铁片部分被酸腐蚀。这是因为镀膜膜层能保护铁片不与酸反应,具有良好的抗酸腐蚀性,且膜层包裹得很均匀。



图5 铁片酸蚀  
Fig.5 Acid etching of sheet iron

## 2.7 海水浸泡实验分析

图6显示,左边未镀膜铁片泡在溶液中的部分已经被腐蚀,而右边已镀膜的2块铁片没有腐蚀。这是因为镀膜膜层具有阻隔海水作用,使海水不会接触到铁片,膜层材质具有耐海水腐蚀的功能,且膜层包裹很均匀。



图6 铁片海水浸泡后对比  
Fig.6 Sheet iron dipped in sea water

## 3 结论

1) 镀膜对纸张的颜色没有影响,保持了纸张原有的颜色,说明镀膜用于纸质文物的保护时具有不改变文物原貌的特点。同时,镀膜能一定程度减小湿热老化和紫外老化对纸张颜色的影响。

2) 镀膜后的宣纸正反面接触角平均值均大于

90°,具有良好的疏水性能。

3) 镀膜对纸张的耐折度和拉伸强度有一定的提高。

4) 具有防酸蚀和海水腐蚀的膜层保护了基材。

## 参考文献:

- [1] 张玉娟. 我国古代档案保护技术对现代纸质档案保管之启迪[J]. 河北科技师范学院学报(社会科学版), 2011, 10(3): 100—102.  
ZHANG Yu-juan. On the Enlightenment of Protection Technology of Ancient Chinese Archives on the Safekeeping of Modern Paper Archives[J]. Hebei Normal University of Science & Technology (Social Sciences), 2011, 10(3): 100—102.
- [2] 马翀, 郭莉珠. 档案特藏室环境研究[J]. 中国档案, 2008(1): 28—30.  
MA Chong, GUO Li-zhu. Enviromental Research of Archives Special Storage Room[J]. China Archives, 2008(1): 28—30.
- [3] 奚三彩. 南京博物院纸质文物保护的发展历程和展望[J]. 东亚纸质文物保护, 2010(2): 55—61.  
XI San-cai. Development History and Expectation of Paper Cultural Relic Preservation of Nanjing Museum[J]. East Asia Paper Cultural Preservation, 2010(2): 55—61.
- [4] 刘全校. 影响碱性纸张老化的因素[J]. 纸和造纸, 2003(1): 21—22.  
LIU Quan-xiao. Influencing Factors of Alkaline Paper Aging [J]. Paper and Paper Making, 2003(1): 21—22.
- [5] 袁英. 浅谈纸质档案的保护[J]. 陕西档案, 2005(1): 43—44.  
YUAN Ying. Discussion of Paper Archives Preservation[J]. Shan'xi Archives, 2005(1): 43—44.
- [6] 冯伯群, 孟世恩. 档案工作汇编 500 问[J]. 档案管理, 1996(4): 22.  
FENG Bo-qun, MENG Shi-en. Archives Work Assembly 500 Questions [J]. Archives Management, 1996(4): 22.
- [7] 张宏. 纸质档案文件的保护[J]. 思茅师范高等专科学校学报, 2003(2): 89—91.  
ZHANG Hong. Paper Archives Preservation[J]. Journal of Simao Teachers' College, 2003(2): 89—91.
- [8] 奚三彩. 现代科技在纸质文物保护中的应用[J]. 中国文化遗产, 2004(3): 67.  
XI San-cai. Application of Modern Technology Used for Paper Cultural Relics Preservation [J]. China Cultural Heritage, 2004(3): 67.
- [9] 陶琴. 档案害虫的危害性分析与综合治理对策[J]. 档案学研究, 2014(2): 76—80.  
TAO Qin. Analysis of the Insects Damage in Archives and the Comprehensive Control Strategies[J]. Archinves Study Research, 2014(2): 76—80.

- [10] REYDEN D. Recent Scientific Research in Paper Conservation[J]. JAIC, 1992, 31(1): 117.
- [11] 黄倩, 王建清, 高康. 精油复配防霉剂在纸质文献储藏包装上的应用[J]. 包装工程, 2015, 36(13): 56—59.  
HUANG Qian, WANG Jian-qing, GAO Kang. Application of Compound Essential Oil Fungistat for the Preservation Packaging of Paper Documents[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(13): 56—59.
- [12] BARBAR A, WAGNER E W A, BULSKA W. Magnesium Distribution in Paper Subjected to Deacidi Cation Investigated by Means of Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy[J]. Journal of Cultural Heritage, 2008, 9(1): 60—65.
- [13] 南京博物院. 脆弱纸张的丝网加固技术[J]. 中国文化遗产, 2004(3): 68.  
Nanjing Museum. Silk Screen Reinforcement Technology for Fragile Paper[J]. China Cultural Heritage, 2004(3): 68.
- [14] 南京博物院. 派拉纶真空镀膜技术在古籍善本书保护中的应用研究[J]. 中国文化遗产, 2004(3): 70.  
Nanjing Museum. Application Research of Parylene Vacuum Coating Technology Used for Ancient Books[J]. China Cultural Heritage, 2004(3): 70.
- [15] DEFLOIRIAN F. On the Corrosion Protection Properties of Fluoropolymer Coating[J]. Progress in Organic Coating, 1993, 22(1—4): 39—53.
- [16] DOMÉNECH-CARBÓ M T. Carbo Evaluation of the Phase Inversion Process as an Application Method for Synthetic Polymers in Conservation Work[J]. Studies in Conservation, 1999, 44(1): 19.