

展藏书画微生物损害的保护修复

张晓珑 赵晓龙 陈子繁
(湖北省博物馆, 湖北武汉, 430077)

摘要 2020年湖北省遭遇了严重的新冠疫情, 隔离期间又正值武汉的梅雨季, 这对本就易受霉菌侵害的南方馆藏文物来说绝对是一场严峻的考验。疫情后湖北省博物馆的文物保护工作者立即对馆藏文物进行调查, 筛选出两幅病害严重的书画作品进行科学的分析检测及保护修复。首先通过查找相关文献, 在前人的研究基础上总结了霉菌对字画的危害以及现行的防霉和除菌技术手段, 并筛选出可行的修复方案对病害纸张进行实验处理, 随后采用传统的装裱技术对书画作品进行保护性修复。修复后的书画作品病害得以清除, 恢复了原貌提高了其观赏性, 为后续展出及研究提供了更好的史料, 也就纸制品微生物腐蚀的防治及博物馆相关的预防性保护措施提出了建议。

关键词 纸质品保护 微生物病害 博物馆 预防性保护

引言

造纸是我国古代四大发明之一, 自西汉以来, 各地遗留和保存着的大量纸质文献资料及图书档案等是人类极其宝贵的文化遗产, 对于研究人类社会的进步和科学技术的发展有着十分重要的价值。它不仅信息量庞大, 更是不可再生的宝贵文化资源。但纸质文物也极易受到损害, 其中纸质中的纤维素容易受大气环境中有害气体和光的影响, 导致纸张发黄变脆、强度下降等; 纸质品还易受虫类的蛀食、霉菌的腐蚀; 纸质品还易受到水灾、火灾等大自然不可制约力量以及人为因素的破坏。

我国江南地区把每年春末夏初时节梅子成熟的一段时间称为黄梅季。大约在每年4月下旬至5月上旬, 来自北方的冷空气与从南方北上的暖空气汇合形成准静止锋(又称为梅雨锋), 在这段时间我国的长江中下游地区多阴雨连绵。因雨天多空气潮湿, 衣物食品等容易发霉, 故将黄梅雨又称为霉雨。在南方湿热气候下, 馆藏文物很容易产生霉变, 纸制品更是如此。虽然国内外专家对纸质文物霉菌的防治以及清除关注度较高, 但至今仍没有较为成熟且有效的技术与方法。在温湿度适宜的情况下, 字画在接触霉菌后, 易滋生出霉斑, 这些霉菌对字画造成极大破坏。如何从实际出发, 采取比较经济和切实可行的防霉措施, 减少和防止霉菌对字画的破坏, 最大限度地延长纸制品的寿命是一个值得我们重视和研究的问题。

2019年12月28日, 在湖北省博物馆临展馆一楼展厅举办了《国宝礼赞——蒋昌忠中国画作品



图1 展藏书画微生物腐蚀现状

展》，此次画展原计划展出到2020年3月1日，但受新冠疫情影响，自2020年伊始，湖北省博物馆闭馆，直至6月14日才恢复开放，社会公众可通过预约方式有序进馆参观。疫情防控工作进入到常态化管理后，湖北省博物馆的文物保护工作者立即对馆藏文物进行病害调查清理，清理过程中发现临展厅有多幅书画作品遭受了微生物腐蚀，其中有两幅画作（图1）病害相对严重必须及时进行保护处理，否则霉菌再进一步扩散会对书画作品造成不可挽回的伤害。

1 微生物对纸质文物的影响

1.1 霉菌定义及种类

微生物包括细菌、病毒、真菌和少数藻类等。多数人提到微生物腐蚀只考虑到了霉菌的影响其实是不严谨的，霉菌属于真菌，但现代研究表明纸张中也存在着细菌侵害，只是在文物病害中并不常见。霉菌是丝状真菌，凡生长在营养基质上，而形成绒毛状、蜘蛛网状或絮状的真菌，称为霉菌。霉菌是由细长的菌丝与孢子组成的。菌丝的主要作用是吸取养料，孢子的作用是繁殖后代^[1]。它分布极广，种类很多，约有4万种。国家档案局的科学技术研究所对全国30个省、自治区、直辖市的多档案馆进行调查一共发现了92种霉菌，分布上来看呈现南多北少的状况。霉菌中青霉属和曲霉属的菌种数量较多，其中曲霉属中杂色曲霉和黄曲霉分布较广，在全国均有出现。

1.2 霉菌产生与危害

纸张本体材料的主要成分是纤维素、半纤维素、果胶，还有在其上书写或作画而遗留的墨汁及颜料等，这些都为霉菌生长提供了丰富的有机养料。纸质文献、档案、古旧字画在纸张生产、装裱过程中使用的胶矾水、淀粉胶黏剂等也成了霉菌可利用的营养物质。因此，霉菌的防治问题一直是馆藏纸质类文物面临的一大挑战。

霉菌在代谢过程中分泌的各种酶对纸张成分进行催化分解，导致纸张机械强度迅速降低，以及淀粉黏胶的失效。纸张的机械强度包括抗张强度和表面强度。抗张强度降低会使纸张失去韧性，易变形、脆化；表面强度降低则会使纸张的着墨性能降低，出现字迹淡化、模糊等现象。霉菌分泌的酶在分解纸张的同时，还生成多种有机酸。酸性的增加会使纸张更易受紫外线、温度、湿度、空气等外在因素的影响，从而导致纸张容易变色劣化，不宜长期保存。霉菌孢子以及某些放线菌和霉菌的菌丝在生长、繁殖过程中，会分泌产生出各种色素，导致纸张上出现红、黄、青、紫、褐、黑等色斑。除这些斑点以外，霉菌与大部分纸张中含有的微量元素（主要是铁盐）作用时，会在纸张表面形成浅褐色斑痕，称之为霉斑。这些色斑和霉斑不但会污染纸质，遮盖其信息，而且还会腐蚀纸张。有些霉菌在代谢、繁殖的过程中会使纸质纤维变得湿润和胶黏，导致纸张的含水量提高，有时

还会出现水滴。水滴与纸张中的胶类物质作用可使纸张黏结并形成浆状，如果再加上无人翻阅或者堆压，一段时间后就会黏结成纸砖，无法揭开。有些霉菌能分泌毒素，如果进入人体的消化道，就会被小肠吸收，混入血中，最终危害神经系统，还有些霉菌能分泌致癌物质，黄曲霉产生的黄曲霉素和杂色曲霉产生的柄曲霉素等物质有强烈有致癌性。这些毒素和致癌物质通过纸张媒介而污染库房环境，毒害人体，其危害不可低估^[2]。

2 灭菌方法

灭菌就是破坏微生物细胞结构和正常生理活动，使其不再生长或繁殖产生新的孢子，更不能代谢产生色素、纤维素酶、有机酸和毒素等对文物有害的物质。假如某种方法杀菌效果很好，但会严重损害文物，此方法也是不可取的。目前我国对于纸质文物的灭菌方法分为物理法、化学法和生物法。

2.1 物理法

常用的物理灭菌方法有水洗法、射线辐照法、紫外照射法、微波辐射法、低温冷冻法、脱氧法等。物理方法的优点主要是安全无毒害，但是一般要求的设备高、技术强、耗资大，在具体实施中有一定的难度，如低温冷冻法、缺氧法。

2.1.1 水洗法

水洗法是一种较好的物理去霉方法，先用毛掸子掸去字画表面霉菌，然后直接用蒸馏水冲洗或用毛笔蘸水去除。此种方法只适用于去除刚开始生长还未深入腐蚀文物本体的霉菌。

2.1.2 γ 射线辐照法

γ 射线辐照法是利用 γ 射线照射纸质文物，使真菌和孢子灭活，但是 γ 射线是一种具有高能量及短波的辐射射线，放射过程会产生大量的辐射能，造成纸样纤维的老化，降低纸样的耐受性。 γ 射线具有极强的穿透本领，人体受到 γ 射线照射时， γ 射线与人体内细胞发生电离作用，侵蚀复杂的有机分子如蛋白质、核酸和酶，导致人体内的正常化学过程受到干扰，严重的可能使细胞死亡。

2.1.3 紫外线辐照法

紫外线杀菌是霉菌的脱氧核糖核酸（DNA）在波长为260nm时对紫外线有强烈的吸收作用，形成胸腺嘧啶聚体失去复制能力，阻碍了蛋白质的合成，从而导致细胞死亡^[3]。辐射杀菌在文物保护中一般用在文物生霉之后，先杀菌，再对霉菌进行清除。但是紫外辐射灭菌只针对文物表层，对于古籍等深层次作用不大，且对人体辐射也有一定危害。

2.1.4 微波辐射法

微波杀菌，是利用微波所产生的热效应和微波生物效应共同作用，使微生物的蛋白质核酸变

性，不能正常新陈代谢，细胞结构功能紊乱，失去营养、繁殖和生存的条件而死亡。其特点是杀菌速度快、周期短、效率高，在杀菌的同时还能干燥纸张，去除部分多余的水分。但是，微波杀菌需要专门的仪器——纸质微波保护处理机，而且一次只能处理少量的纸质文物，不适合用于大批量的处理。

2.1.5 低温冷冻法

低温冷冻法是利用 -20°C 的低温对纸张中有害微生物冷冻，从而达到杀菌的方法。但是一般的低温只能抑制有些霉菌的生长，而不能杀死霉菌孢子，一旦温度适合孢子生长繁殖，霉菌又会迅速扩散开来。此种方法优点是操作比较简单，无毒无害但是成本高，虽然前景可观，目前仍然较少使用。

2.1.6 脱氧法

氧气是霉菌（除厌氧菌外）生长中不可缺少的条件之一，但霉菌生长需要的氧气量是极其微小的，完全停止氧气的供给并不能杀死霉菌孢子，但能抑制霉菌生长。脱氧法需要采用生物的、化学的或机械的方法，把处理纸张的环境进行脱氧，而且需要高质量的透气度小的密封材料，由于受密封材料的限制，不适合于大批量的处理。

2.2 化学法

随着科学技术的不断发展和进步，防霉的方法也变得越来越丰富，越来越多人开始利用酒精等化学药品除霉，或者通过二氧化碳、环氧乙烷以及磷化氢熏蒸处理来防霉。化学防霉法作为目前档案防霉最主要的抗菌防霉手段，具有很多的优势，如廉价、高效、易于操作等，虽然灭菌效果好，见效快，有效延续时间长，但是这类化学处理方式的弊端逐渐显现，由于其毒害性较大，容易造成环境污染，危害人体健康，因此渐渐被人们摒弃。化学法有熏蒸法、涂抹防菌防霉剂、溶剂擦洗去霉斑等多种，其中应用最多的是熏蒸法。

2.2.1 熏蒸法

熏蒸法防霉技术是一种化学除霉手段，一般是在必须立即杀死滋生在古字画、纸质文物、文献上的霉菌时，根据符合待处理霉变文物的特殊条件，采用对古字画伤害较小的熏蒸剂进行熏蒸。熏蒸法常用甲醛熏蒸、环氧乙烷熏蒸。熏蒸法对害虫的杀灭率较高，对微生物差一点，而且同时也对人体具有极大的伤害，因此在防治过程中和防治后如何保证管理人员的安全尤为重要^[4]。

2.2.2 涂抹防菌防霉剂法

涂抹防菌防霉剂法是在字画装裱或在发霉的字画表面涂抹去霉防霉剂，以去除霉斑或者防止霉菌病害发生^[5]。以往使用的抗菌剂主要以有机合成类为主，其中包括：苯并噻唑类、异噻唑啉酮类、70%乙醇、福尔马林溶液和长链季铵类化合物等，该类抗菌防霉剂可以与微生物细胞表面结合发生反应，这类反应不仅破坏细胞膜的表面，而且严重影响了蛋白质的合成，从而抑制霉菌正常的代谢生长繁殖过程。除化学合成以外，还有一些是从动物、植物提取获得的抗菌高分子有机物，如

牛至、壳聚糖及其衍生物等。这些抑菌剂不具备普遍性和持久性，杀菌液易残留在纸样表面，安全性不足。近年来流行的无机抑菌剂是纳米金属氧化物，比如MgO、ZnO和TiO等，这些纳米金属氧化物是一种安全的抑菌剂，它们的尺寸较小，能够渗透至纸样纤维中，与微生物接触的过程中，进入细胞内与增殖酶结合导致其结构改变使其失活。但是，无机抑菌剂杀菌缓慢，需要时间较长，不适合用于处理已经长有大量霉菌的纸本。

2.2.3 溶剂擦洗去除霉斑

溶剂擦洗去除霉斑，一般用毛笔蘸取具有强氧化性的高锰酸钾溶液涂在霉渍污点处，待高锰酸钾溶液由紫红色变为茶色后，再用草酸溶液使涂有高锰酸钾的部位由茶色渐变为白色，以去除多余的高锰酸钾及其产生的二氧化锰，当茶色褪净后立即用清水淋洗，把残余的化学药剂洗去。

2.3 生物法

近年来，作为一种新型的文物保护学科，现代生物技术在文物保护中的应用发挥着越来越大的作用，也受到越来越多的国内外专家学者的重视。近半个世纪，生物技术的迅速发展为其成为文保工作的手段奠定了坚实的技术基础。例如，利用菌株DNA的基因序列的测定来鉴定菌种的分子生物学技术为生物酶解法去除纸质文物霉斑的研究提供了科学依据。

生物防治是一种利用有益生物或其他生物抑制或消除有害生物的控制方法，它利用生物物种之间的相互关系来抑制另一种或另一类生物。与其他非生物方法预防和控制微生物相比，其具有明显优势，突出表现在不会对环境造成污染。

纸质文物出现霉变主要是因为微生物失衡，纸张在长期存储中对微生物的调节能力下降，再加上外部环境因素导致各类菌种大量繁殖，所以工作人员在运用生物防治法时可以利用别的微生物种群及其代谢产物遏制纸质书画的霉变。当然，我国生物技术在文保领域应用尚属起步阶段，文物的独特性、稀缺性和地域差异性，使其在文物保护方面的广泛推广还有待更深入的研究。

2.4 几种方法的比较

从上述多种防霉灭菌方法可见：化学灭菌技术的优点是效果好，见效快，有效延续时间长；缺点则是容易造成环境污染，危害人体的健康。另外那些挥发性的药物难免会与纸质文物产生化学作用，使纸张变色、变脆等；而有些消毒剂会使霉菌产生抗药性，使防霉效果不断减弱；还有的化学药品易燃、易爆，容易产生安全隐患。鉴于此，对于纸质文物防霉技术的方法使用问题上，化学防霉技术中的多数手段应经谨慎试验筛选，不可滥用。物理灭菌技术是用物理手段创造特殊的环境，使菌类的机能、生存条件遭到破坏而死亡，从而达到防霉的目的，由于这类技术多数不会造成环境污染，故在防霉技术方面较化学防霉技术更人性化，有更广阔的发展前景。但利用光辐射灭菌方法仍会对纸质文物本体造成伤害，而低温冷冻防霉技术及脱氧法在工作程序上比较繁琐，不易操作。随着社会的进步，人们深刻地认识到生物防治可以有效克服这些弊端，因而越来越重视该方法^[6]，但是纸质文物病害的生物防治目前基本处于研究阶段，其变化性很大，实际操作的有效性还有待考量。当然要比较彻底地解决纸质文物的防霉杀菌问题还需要掌握“以防为主，防治结合”的方针，应该从大环境控制着手，破坏霉菌的生存条件。

3 保护修复过程

3.1 本体保存现状及病害

本次修复选取的两幅作品分别为《雪原藏宝》和《迎冬奥健身心》（图2）。《雪原藏宝》是以竹林和熊猫为题材，对熊猫的体态特征和活动习性进行深入观察后，刻画出了熊猫各种可爱而憨厚的姿态。《迎冬奥健身心》是为了庆祝2022年即将在北京举办的第24届冬季奥林匹克运动会所作。经观察测量得知：《雪原藏宝》为黑白水墨画，尺寸183cm×144cm；《迎冬奥健身心》为彩色国画，尺寸138cm×68cm。由于两幅作品在展览期间采用的是木质框架加塑料薄膜覆盖外包的展示形式，当受潮后宣纸纤维处的水分无法及时挥发，从而造成大量微生物滋生在书画的纸本和绫子上（图3）。这两幅画作由于创作年代较近，保存状况较好，因此没有其他纸制品容易发生的残缺、断裂、折痕、变色等现象发生，目前亟待解决的问题主要就是微生物损害。



图2 书画保存现状

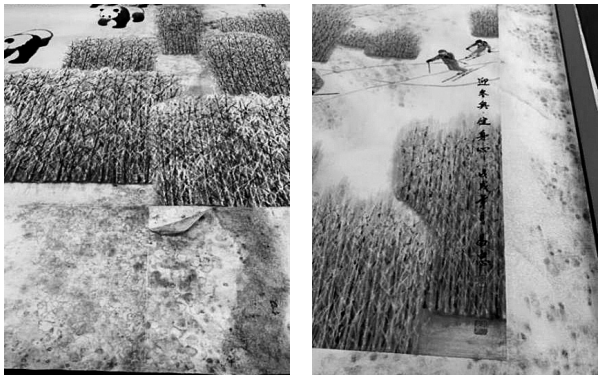


图3 病害细节

3.2 材料的检测与分析

3.2.1 实验仪器

（1）pH酸度计

使用pH30笔式酸度计来测量字画文物纸张酸碱度情况以便评估后续保护修复步骤是否需要脱酸处理。纸张的pH越低，酸催化纤维素降解的速率越快，即纸张的酸化程度越大，纸张受到的破损程度越严重。

（2）视频显微镜

使用德国Leica公司的DVM6型视频显微镜来观察肉眼不能清晰识别的病害类型及字画纸张纤维形态特征，为后期修复字画选用材料提供依据。

3.2.2 纸张表面pH的测定

实验中采取的是表面pH测定法。首先在纸张表面滴加1~2滴纯水，然后将平头复合电极缓慢浸入水中与纸张紧密接触，待pH计显示的读数稳定后，记录结果（图4）。测量过程中，为了客观

的反映纸张的酸碱度，我们采用五点法测pH，并多次测量取其算数平均值，经测量该两幅书画纸张均在6.5左右，说明酸度对纸张影响不大。

3.2.3 纸张显微纤维分析

实验前，先对纸张及绫子的病害典型区域分别进行500倍拍照（图5、图6），观察画作微生物病害面积及形态。待修复实验后再进行对比观察以判定菌害是否有效去除。

从图5、图6中可见，整幅画作绫子及纸张处均发生了微生物病害，且病害面积占比很大，霉菌已经深入纤维内部，普通的除霉手段已不适用。图中霉斑已经出现有红色、蓝色、黄色及褐色多种，说明微生物种类产生较多且已发展繁殖了一段时间，纸质上的霉斑不仅会影响观赏、产生难闻的气味，而且还会成为新的霉菌滋生的温床，因此必须尽快去除。



图4 酸度测试

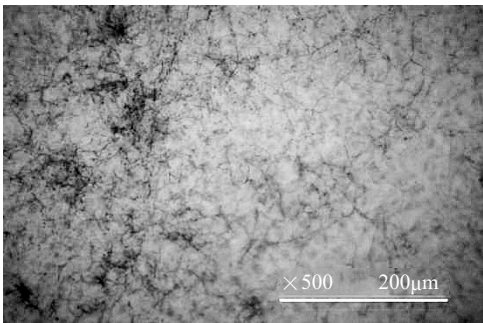


图5 纸张显微图像

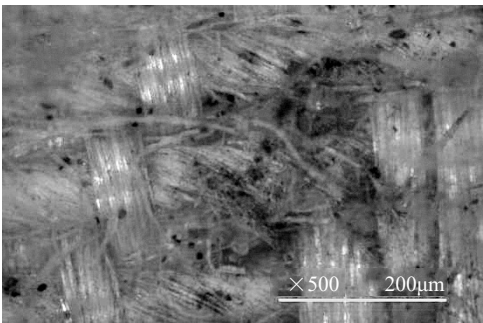


图6 绫子显微图像

3.3 制定书画作品保护修复方案

书画微生物腐蚀病害抢救性修复保护过程主要是灭菌和去斑，由于此两幅作品微生物损害严重，菌斑及孢子已经大量滋生且考虑到后续展览需马上进行恢复，因此计划使用化学涂抹法对纸张同时进行消毒和去除菌斑。纸张上滋生的霉斑及其分泌出的色素等一般采用的氧化去污方法有：过氧化氢-乙醚乳浊液法、氯胺T法、高锰酸钾-草酸法、次氯酸盐法、亚氯酸盐法等。查阅相关文献发现霍一娇等^[7]在《高锰酸钾对纸张性能的影响研究》中研究了纸质类文物常用的高锰酸钾（ KMnO_4 ）去除霉菌的方法对纸张性能的影响，结果表明： KMnO_4 浓度越大、作用时间越长，对纸张的耐折度、抗张强度、白度等影响越明显，因此短时间低浓度的 KMnO_4 溶液去除霉菌的方法可行。

为了验证高锰酸钾浸泡法的可行性，我们选取字画的幅条先在边缘绫子处取多个点位做预处理实验（图7）。先用纯水对霉菌处进行清洗，中途用软毛刷轻刷，然后用5%的 KMnO_4 溶液涂刷在霉菌处，等待时间分别为2、5、8min，再用流动的纯水对高锰酸钾处进行流水淋洗，直至多余 KMnO_4 溶液全部冲走，仅剩宣纸纤维处霉菌与浆糊发生氧化反应的棕黑色杂质，再用2%的保险粉（ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ）溶液进行涂刷淋洗，直至全部氧化还原，恢复原色，最后用流动纯水反复淋洗干净，以免物质残留。预处理实验对比发现等待5min后，再清洗去除霉菌效果最为理想，随后在画作有霉



图7 去除霉菌实验

菌的空白处、重彩处、墨迹处、印章处都做了等比例的实验，确保不会出现跑墨、褪色等现象。

试验后对已处理好的样品表面进行显微镜观察，并对比实验之前拍摄的显微图片，通过除菌前后的显微对比照片（图8）可以看出，使用高锰酸钾涂敷法可以基本去除菌斑，由此确定采用此种方法为这两件书画去除霉菌。

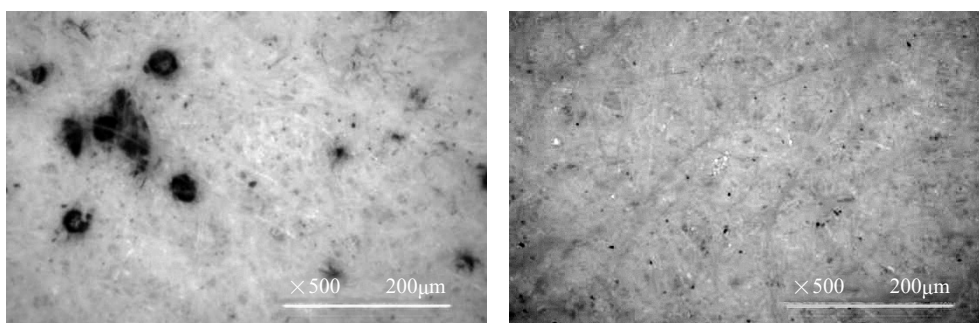


图8 除菌前后显微对比照片

由于这两件书画作品除微生物腐蚀外并没有其他较严重的病害，根据尽可能减少干预，以延续现状、缓解损伤为主要目标，除菌后拟采用传统装裱技法进行保护修复。

3.4 具体实施操作步骤

3.4.1 除尘

修复的第一步是用微型吸尘器调至最低档位对画作表面进行吸附，这样可以吸附悬浮在表面的霉菌，以免后期清洗时表面霉菌遇水扩散造成二次污染（图9）。

3.4.2 去除霉菌

整幅作品按照预实验的浓度配比及步骤进行去霉（图10）操作。对整幅画作进行去霉清洗时采用连带覆褙——不揭褙的方式进行，这样的操作步骤使得画心在清洗时有背纸和命纸的衬托，这样画心可以得到更好的保护，而且经过氧化还原反应后画心与命纸之间的浆糊黏性下降，后期揭褙时能够更快的分离，实际操作起来就更加便利。



图9 除尘



(a) 清洗前 (b) 清洗后

图10 除菌清洗

待整体去霉完成后，将画作清洗干净先抬到吸水纸上等待晾干，此步骤可以使画作颜料二次固色，避免清洗完直接进行揭裱处理时颜料长期处于水分饱和状态而造成浸色的状况出现。

3.4.3 传统揭裱

待晾干后将画心朝下轻放在托好绢的案板上，进行传统书画文物的揭裱步骤（图11），揭裱完成后出局条上命纸，自然晾干后移至拷贝台进行隐补，然后上墙绷干，等待画心变干的时候完成花



(a)

(b)

(c)

图11 传统揭裱

(a) 托画心; (b) 排实画心; (c) 上墙

绫的托染上墙绷干工序，待完全干透后与画心同时下墙进行方裁与镶边工序，然后按照画作尺寸托覆褙，最后上墙绷干，因画作尺寸较大，为避免后期纸张纤维伸缩不一，所以上墙等待干燥的时间需要长一些。

珍贵纸制品文物或者诸如上述两幅曾遭受菌害影响的书画，虽然经过了保护修复处理，但难免有微生物残留，如果不采取预防性保护措施控制环境温湿度及空气洁净程度，纸张还是容易有微生物病害复发的可能。后期处理过的书画也可以利用档案封存技术来防止霉菌病害的发生。

4 预防性保护防治

当前，许多地区都未能很好地预防纸质文物霉菌的滋生，主观上是对古字画的保护工作不重视，一方面对字画的日常管理及保护措施缺失或不严格，另一方面缺乏这方面较为专业的知识。因此要加强字画保护的管理工作，需提高管理人员的认识及建立规范化的管理制度，加强温湿度的控制、防尘、通风等日常管理，制定科学合理的防霉管理措施。

4.1 温湿度控制

温湿度太高或太低均会影响纸质文物的性能，高温将加速纸张的变质，湿度过大则会使纸张受潮发生水解，也会有利于微生物的生长，温度的忽高忽低会影响纸张纤维的抗张强度。霉菌生长繁殖不仅与温度、湿度有关，更取决于它们的联合作用，当温度为22~28℃、相对湿度为80%~96%时，霉菌生长繁殖旺盛，因此建立系统、智能的除湿控温系统，同时控制纸制品存储的环境温湿度，可有效地防止霉菌生长。纸质文物预防性保护的环境相对湿度应控制在45%~60%，温度应控制在16~20℃，且相对湿度日较差不应大于5%，温度日较差不应大于2℃。在夏季，为控制较高的相对湿度及减少霉菌的生长，可使用除湿机或硅胶干燥剂，也可以使用排气扇来增强通风。在冬季干燥环境，可以适当使用加湿器避免纸张干裂。

4.2 光辐射管理

光照会加速纸张中的纤维素水解为葡萄糖，在氧气存在的环境下，还会发生氧化反应，生成氧化纤维素，使纸张易于粉碎。为减少博物馆中光辐射对纸制品的损害，馆藏纸制品库房及陈列室一

方面应当避免阳光直射, 尽量避免使用透明玻璃, 窗户可用窗帘遮蔽; 另一方面, 使用亮度不太高的无紫外LED灯具且人造光源应尽可能远离书架。此外, 还应做好其他防光措施, 例如利用紫外线灯进行环境消毒时, 需将纸质品装于囊匣或置于不透光的储藏柜内。

4.3 空气净化除尘管理

尘土是霉菌孢子的载体, 定期对纸制品存放环境做除尘管理, 可减少霉菌的污染。展陈设施和存放设施要加装密封条, 设置空气净化设施, 如安装空气净化器, 空调机组空气流动口设专业过滤网, 定期维护清洁或更换滤网。在工作日开窗通风, 在雨季和沙尘暴季节关闭窗户, 做好清洁卫生工作, 均可有效降低纸质文物霉变的概率。由于人本身也是微生物附着的一个载体, 在人的衣服上携带着大量的微生物源, 因此相关人员在进入库房时, 应更换干净的衣服、鞋帽等, 并戴上手套, 以减少微生物和灰尘的带入。系统严格的人员出入规范化管理, 有利于保持库房的良好卫生。

4.4 定期检查消毒

保持环境稳定洁净对有害生物的防治起着至关重要的作用, 库房完善的基础设施和规范化管理是对保存纸质品安全有力的保障。虽然对库房的设备和出入人员有了科学的管理制度, 但时间长了难免会出现纰漏, 因此应该定期对文物环境进行全面系统的清理、检查。对博物馆环境的检查工作主要包括展厅及库房设备的运行情况、温湿度波动情况、防火防水设施, 以及对储藏的纸质资料进行全面的检查, 查看是否有被虫蛀、发霉等情况, 一经发现必须及时采取相应的措施进行处理, 以防微生物和虫害大面积病害的出现。

4.5 微环境控制

在对馆藏微环境的控制方面, 现有博物馆大多都已配备了环境监控系统, 长期记录环境温湿度数值, 一旦监测到环境有较大波动时便及时调整。纸质文物可以配套使用防霉装具(如囊匣)以及利用档案封存技术来防止霉菌病害的发生。还有采用专业无酸稳定包装材料对纸制品进行包装, 在文物箱架外再加Tyvek无纺布护罩, 既避免了灰尘, 又因Tyvek无纺布可以通过空气和湿气, 再次保证了罩内的环境洁净稳定, 有利于减缓纸张的酸化与老化, 即使有环境突变, 罩内湿度也能较缓和地变化, 给相应的调节赢得时间^[8]。

结 语

霉菌的分布极其广泛, 自然界中无处不在。霉菌的营养来源也比高等生物更为广泛, 几乎所有有机类物质都可以被其当作营养源。馆藏文物由于常年处于较密封的环境之中, 如果微环境的洁净度控制得不好, 再遇上南方湿热的气候就极易滋生霉菌。本次保护修复的画作因为是年份较近的现代画作, 纸张纤维的机械强度较好, 且除微生物腐蚀之外没有其他病害, 因此使用了高锰酸钾等强氧化剂来除菌, 修复后的效果很好, 几乎恢复了原貌。而如果是年代久远的珍贵纸质文物显然是不能采取此种做法, 但根据文中总结的除菌技术, 无论是生物、化学还是物理方法都存在一定的弊

端，因此根本的解决办法还是后期要加强书画的预防性保护控制，将危害的苗头扼杀在萌芽状态。

纸质文物的防霉工作非常重要。防霉技术以防为主、防治结合才是文物保护工作的基本方针。纸质文物的防霉工作可以从控制环境温湿度和防尘管理两个方面进行。纸质文物应置于既不利于霉菌生长，又适宜纸类保管的温湿度环境中，此外，库房内外的环境卫生也不容忽视，只有做到窗明柜净，沟渠畅通，霉菌才能失去生存的土壤，这也是一个非常关键的环节，同时又是一份相当耗费劳动力的旷日持久的工作。另外，在保证文物安全的前提下，在博物馆内墙或设备上应用防霉剂也能对抑制霉菌起到良好的防治效果。同时，在库房完善紫外杀菌系统能将微生物的防治变得操作简单、安全和方便。我们还可以利用数字化技术及时将有价值的文献、书画通过照片、视频等做电子记录，即使今后纸张本体被损坏到无法识别的状态，起码还能留下历史文化信息，为遗产的保留做好最后一道防线。

对纸质类文物保护，需要加强传统修复工艺的继承与改良，并同现代科学技术理念紧密结合进行预防性保护，这样才能在了解纸张病害发生的前提条件下最大限度地保存文物，使其能够更好地流传下去。

参 考 文 献

- [1] 李蔓. 对纸质文物霉菌危害的防治 [J]. 中国文物科学研究, 2011 (4): 34-37.
- [2] 张羽. 浅谈纸质文物保护中去霉去酸的问题 [C] //国家文物局博物馆司, 中国文物学会文物修复专业委员会. 文物修复与研究 (4). 北京: 民族出版社, 2007: 98-101.
- [3] 武望婷, 何秋菊, 闫丽. 浅析文物保护中的防霉及杀菌防霉剂的应用 [C] //首都博物馆. 首都博物馆丛刊 (2008年). 北京: 北京燕山出版社, 2008: 439-444.
- [4] 吴梅风. 有害生物对图书储存的危害及其防治措施 [J]. 内蒙古科技与经济, 2020 (12): 127-128.
- [5] 黄四平, 张琪. 古字画霉菌的防治及其研究进展 [J]. 兰台内外, 2020 (24): 12-14.
- [6] 钟梅清. 纸质图书腐败菌、纤维素菌的生物防治 [J]. 造纸装备及材料, 2020, 49 (4): 95-96.
- [7] 霍一娇, 祁贇鹏, 王旭, 等. 高锰酸钾对纸张性能的影响研究 [J]. 纸和造纸, 2017, 36 (5): 22-24.
- [8] 刘洁. 浅谈古籍的预防性保护——以《大乘妙法莲花经》为例 [J]. 东方收藏, 2020 (11): 104-105.