

近现代园林文献脱酸保护：传承与创新之路

□ 马超 中国园林博物馆藏品部

一、引言

（一）研究背景

近现代纸质文物酸化严重，此时期的园林主题文献保护同样迫在眉睫。园林文献，作为研究园林历史、传承园林文化的重要载体，其保护工作刻不容缓。

中国园林博物馆（以下简称“园博馆”）自 2013 年建馆以来，经过 10 年不懈努力，有目的、有序地收藏了近现代及当代中国园林文献、园林名老专家专著手稿近 2 万余件（套）5 万余件，成为目前国内唯一收藏有中国园林界三位院士汪菊渊、陈俊愉、孟兆祯的专著手稿、景观绘图等承载其学术思想的文献收藏研究单位，此外还有大量专家们质之间的往来书信。这些满含着严谨学术思想和深厚友情的信札见证了中国近现代园林发展进程，不仅具有极为重要的园林历史文献与学术史价值，作为保护园林近现代纸质文物，对于研究、传承园林文化遗产具有重要意义。

（二）研究目的

本研究旨在探索近现代园林文献脱酸保护的有效方法，既能中和纸张中的酸性物质，又能保证文献的安全性和完整性。

纸张酸化是一个复杂的过程，受到多种因素的影响。因此，脱酸工作需要综合考虑这些因素，制定科学合理的脱酸方案。借鉴国内外先进的脱酸技术和经验，结合园林文献的特点，在脱酸工作中，我们不仅要关注脱酸效果，还要注重文献的保护和安全。例如，在选择脱酸剂时，要确保其对文献无副作用，不得加速文献老化，不得使用有毒和对环境有害的物质。此外，我们还需要对脱酸后的文献进行严格的检测和评估，确保其符合国家标准和要求。

二、园林文献藏品情况

园博馆收藏的这批中国园林名家文献、专著，纸张均为 20 世纪及后期工业纸张，经检测表面 pH 值酸化程度较为严重。纸张的酸化因素众多，包括造纸原料、工艺、填料、写印材料、大气污染、微生物等，这些因素导致纸张表面和内部的 pH 值降低，呈现酸性，引起纸张损坏和耐久性下降。面对纸张酸化而引起的自毁现象，传统手工工艺和经验的保护方法已难以解决馆藏品纸张酸化的问题。



图1 园林名家手稿

（一）纸张酸化程度检测

经检测园博馆收藏的园林文献 pH 值处于较低水平，呈现明显的酸性状态。部分文献的 pH 值甚至低于 5.0，属于酸化严重的情况。根据数据显示 20 世纪二三十年代，我国纸质文献 pH 值都在 4.0 以下，处于严重酸化状态，50 年代的纸质文献的酸碱度 pH 值在 5.0 以下，处于较严重的酸化状态。园博馆的这批园林文献与这个历史时期的文献酸化情况具有相似性。

（二）现代保护方法局限

现代的保护方法，主要依靠调节存储库房的温度和湿度，维持良好的保存条件。然而，面对园博馆这批园林文献的纸张酸化问题，这种方法已难以取得理想的效果。尽管通过调节温度和湿度可以在一定程度上减缓酸化速度，但无法充分阻止其酸化进程。因为纸张酸化是外部因素和内部因素共同作用的累积连续过程，传统方法无法从根本上解决纸张中的酸性物质。例如，造纸过程中残留的酸性物质以及大气污染、微生物等外部因素持续影响着纸张的酸化状态，传统方法难以中和这些酸性物质，从而无法解决馆藏品纸张酸化的问题。

三、脱酸工作原则与方案

（一）脱酸基本原理与要求

纸张去酸的基本原理是酸碱中和。酸水解是纸张纤维降解的主要方式，为保持纸张内部的化学稳定性，中和纸张中的酸是显而易见的解决方案。

1. 碱储备的重要性

充分稳定的碱储备在纸张脱酸中起着至关重要的作用。去酸不仅要中和纸张中的酸，并且要有碱保留量，以防止后续保存过程中酸性物质对纸张的侵蚀。实验证明，使用弱碱去酸处理可显著降低纸张的降解速度，去酸之后的纸张相比去酸之前降解速度放缓。有稳定的碱储备可以使纸张呈弱碱性（pH 介于 8 至 9.5 之间）以抵抗酸性物质侵蚀（碱保留量在 0.5%~1%）。国际标准 ISO18344 要求去酸结束后，纸内必须留有一定量的碱性储备，以足够抵御来自环境影响或因纸张自然老化而再次被酸化，纸张去酸处理后最小的碱性储备量应是 0.5%，以 $MgCO_3$ 表示。

2. 去酸方法的要求

去酸方法应符合如下基本要求：

- (1) 去除纸张中所有可溶的酸性成分；
- (2) 完全中和所有剩余的酸；
- (3) 可能去除中和产物；
- (4) 储备能够使纸张呈弱碱性（pH 介于 8 至 9.5 之间）以抵抗酸性物质侵蚀的化学物质（碱保留量在 0.5%~1%）；
- (5) 对去酸的文献没有副作用，并且不得加速其老化；
- (6) 不得使用有毒和对环境有害的物质；
- (7) 不要使用可能对纸质文献有害的极端条件（例如高温、强烈干燥、机械外力等）；
- (8) 不得明显改变原有文献纸张的纤维结构，并不得有残留物和残留的气味。

图书馆在去酸方法上主要为以上几点，以确保效果。

（二）方案遴选与比较

1. 气相脱酸法利弊

气相脱酸法中，利用碱性的气体或容易蒸发的碱性物质，在特定环境中与纸材进行充足对接，透入纸张纤维内部，与其中的酸类物质进行化学反应，从而达到脱酸的目的。现行的气相脱酸物质中，广泛使用的包括二乙基锌、吗啉、环氧乙烷、碳酸环己胺等。

气相脱酸法的优点在于批量效率相对较高，如环氧乙烷脱酸兼具消杀的功能。然而，其缺点也较为明显。首先，气相脱酸剂需要有专业危险气体使用资质，大多易燃易爆、有毒致癌，存在环保、健康和安全隐患。其次，脱酸后碱储量低、易返酸。例如，美国、英国等一些西方发达国家开始使用甲醇镁—甲醇法脱酸，一开始脱酸后书籍经测试效果很好，但几年以后发现严重问题，就是在脱酸过程中所使用的甲醇溶液会使纸张上的彩色字迹等发生融化、洇化等现象，时间越长，字迹溶化得很严重，现在这一方法已基本停止使用。同理，气相脱酸法由于存在诸多问题，在实际应用中也需要谨慎考虑。

2. 水相脱酸法局限

水相脱酸法是先把碱性物质溶于水，接着把要脱酸的纸张浸入溶液中，通过酸碱反应达到脱酸的效果。水相脱酸法相对简单易行，但也存在一些局限性。首先，这种传统的水溶液脱酸法耐久性较差。其次，容易导致水溶性字迹和颜色的洇化，纸张会出现皱褶和变形的情况。水相脱酸法分为有水液相脱酸法和无水液相脱酸法，有水液相脱酸法因为含有水，所以容易造成字迹、颜料出现羽化、松散，纸张变形等破坏。水相脱酸法只能单张进行，不能大批量处理，处理的时间周期太长，以水液来浸湿和干燥都特别需要时间，且在湿态下，纸张特别容易受到损害，干燥时会有膨胀，变皱等现象。每次处理量都太小，人力需要量大，费用高，成效低。对一些纸张上的字迹有影响，需要提前处理等。

（三）最终方案确定

中国国家图书馆（以下简称“国图”）自主知识产权的纸质文献无水液相脱酸技术，具有多方面的技术优势。首先，在安全性方面，脱酸液是批量合成碱性物纳米颗粒，分散于安全、无毒、化学惰性、低表面张力、疏水疏油的液相非水脱酸悬浮液，无气味，不可燃，不爆炸，无危害，具备安全性。脱酸反应的中间产物、副产物和最终产物无毒、无害，脱酸操作对操作者无伤害，且纸张脱酸完成后的文献对读者和文献管理员无危害。其次，在有效性

方面,脱酸液对文献中的任何部分没有损坏,对文献材料、字迹材料等无伤害,且文献经脱酸后无褪色、渗色现象产生。能够有效中和文献中的酸性物质,提高纸张耐久性,延长其寿命。经过脱酸处理,纸质文献的平均寿命增加数倍,可抵抗未来数十年的酸性破坏,为数字化和人工修复争取足够的时间。最后,在规模化方面,该技术的规模化脱酸处理系统是一个国家专利项目,可实现安全无损的百公斤级规模化一次性全自动脱酸处理,实现了文献脱酸全过程智慧化,提高了整体工作效率。

国图自主知识产权的纸质文献无水液相脱酸技术主要过程是将文献在自动化脱酸装置中进行酸碱中和、引入碱性物质。该系统能够对大量的文献进行一次性全自动脱酸处理,大大提高了工作效率。与传统的脱酸方法相比,它具有以下优势:一是实现了安全无损的脱酸处理,避免了对文献的二次损坏。二是能够实现百公斤级的规模化处理,满足大型博物馆、图书馆等机构的需求。三是全过程智慧化,通过自控系统设置参数,开启程序,程序自动运行,并根据对文献脱酸前 pH 值的检测情况制定脱酸时长及书车摇摆频率,确保脱酸效果的稳定性和一致性。相比传统的脱酸方法,能够更高效地处理大量的园林文献,满足园博馆的实际需求。园博馆最终决定选择该技术,也是看中了其在行业内的领先地位和良好的应用前景,为保护珍贵的园林文献提供了有力的技术支持。

四、文献脱酸工作流程

脱酸是一个系统性工程,核心工作是文献在脱酸装置中进行酸碱中和、引入碱性物质。在文献进入脱酸装置之前和之后按流程需要,进行必要的评估、筛选、清洁、脱酸前检测、脱酸处理、脱酸后检测、回库存放六个步骤,用以保证文献的脱酸质量及安全。

(一) 脱酸前准备工作

1. 脱酸前评估

对文献保存状况进行评估是脱酸前准备工作中的重要环节。通过对文献的整体保存状况和局部特殊情况进行观察和分析,可以了解文献的酸化程度、纸张的脆弱程度、有无破损或污渍等情况。园博馆与国图项目组双方依照出入库规范要求,进行文献现场交接,并对文献的基本信息进行登记,对文献脱酸前整体保存状况及局部特殊情况进行拍照存档。

2. 筛选与清洁

首先,脱酸前依据文献的酸化程度、纸张类型、幅面尺寸以及保存状况等对文献进行分类筛选。将酸化程度严重(pH 值小于 5.0)的文献、保存状况较差的文献分别归类,以便在后续脱酸处理中采取更加针对性的措施。其次,对文献进行除尘清洁。由于文献在流传、使用过程中所经历的保存环境条件复杂,文献上不可避免地附着有大量的灰尘、霉菌等。使用毛刷、除尘布等工具对藏品进行手工除尘清洁处理,避免影响脱酸效果。



图2 脱酸前准备工作—除尘

3.文献脱酸前数据检测

pH 值检测：采取无损的检测手段—表面 pH 值检测判断藏品酸化程度，至少选择每件藏品 2 个点位进行检测，计算平均值，制定脱酸处理具体方案并填写表面 pH 值检测登记表。

文献 pH 值检测判断表

pH 值	处理方案
>6.9	无酸化情况，不采取脱酸处理
6.0~6.9	酸化情况轻微，可以不采取脱酸处理，后续监测
5.0~5.9	酸化情况明显，应该采取脱酸处理
<5.0	酸化严重，需评估受损情况后，决定是否进行脱酸处理

文献的纸张和字迹是无法分离的，经得起脱酸的纸张，其上面的字迹未必能经得起碱性处理，如很多色料对 pH 值相当敏感，在不同碱性环境中，可能颜色就会发生改变。为达到更加安全的脱酸处理，针对不同的书写工具和材料例如红色、黑色、蓝色墨水，钢笔（自来水笔）、铅笔、圆珠笔等，脱酸前使用脱酸液对文献内的各种书写材料进行局部沾涂方式检测，经测试该批图书字迹未与脱酸液反应产生掉色、晕色等现象。



图3 笔记颜料检测

（二）脱酸中处理方式

（1）规模化脱酸方式

国图自动化脱酸设备的组成大致包括脱酸部分、储液部分、冷凝部分、仪表监测和自控部分以及辅助部分。以脱酸部分为主体，内装书车。将文献装入书车，推入脱酸罐内，关好门。使用自控系统设置参数，开启程序，程序自动运行，并根据对文献脱酸前 pH 值的检测情况制定脱酸时长及书车摇摆频率。



图4 国图自动化脱酸设备

(2) 喷洒脱酸方式

手动喷洒方式为使用精密喷壶手动喷涂，因喷壶容量有限，需要不断加液及手动按压加压，效率较低，但喷洒力度较小，适合对严重脆化的文献脱酸。



图5 喷洒脱酸

(三) 脱酸后的检测与保存

1. 文献脱酸后数据检测与质检整改

完成脱酸处理后，应及时对文献进行整理，并对脱酸前进行过表面 pH 值检测的文献进行再次检测，衡量脱酸处理效果，并做详细记录，各项理化指标达到要求后方可进行验收交接，未见明显脱酸效果文献进行重新脱酸。

2. 文献归还库房存放

园博物馆本次脱酸文献共 5000 页，工作量较大，为了确保文献安全，脱酸共分为两批次进行。分批次操作可以确保脱酸后的文献及时归还库房保存。当文献归还入库之后，园博物馆还为其定制了无酸囊匣妥善保存，并定期对已脱酸文献进行跟踪检测，评估文献状态。

(四) 具体工作进度

1. 第一阶段工作内容（2023 年 4—5 月）

(1) 完成 65 件（套）纸质文献脱酸前拍摄和基本信息登记工作。

(2) 对 65 件（套）纸质文献中的油笔、铅笔、钢笔等各种字迹进行脱色检验，未发现对字迹有任何影响。

(3) 完成 65 件（套）纸质文献脱酸前表面 pH 值检测及数据登记工作。

(4) 根据文献装订和保存状况，挑选第一批 30 件（套）装帧相对完好的文献进行规模化设备脱酸处理。

(5) 脱后放置半个月后，对脱酸处理后的第一批 30 件（套）文献进行脱酸后表面 pH 值检测及数据登记工作，根据统计该批文献表面 pH 值平均增加 2.14，达到脱酸目的。

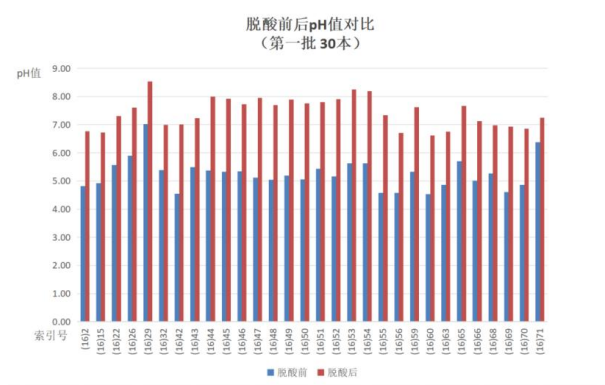


图 6 脱酸前 pH 值

2.第二阶段工作内容（2023年5—9月初）

鉴于第二批文献的装订和实际保存状况比较复杂且破损、脱落情况比较多，采用了两种脱酸方式即设备脱酸、喷洒脱酸。

（1）5—7月期间，对第二批中保存状况较好的29件（套）文献进行设备脱酸处理。

（2）7—8月期间，对第二批中3件（套）破损程度较重（出现页面脱落、书脊破损等问题）文献采用先加固修复后脱酸的方式，即对这三本文献先进行修复加固工作，在加固修复工作完成后进行了喷洒脱酸方式；另外对第二批中3件（套）单张形式的文献也同样采用了喷洒脱酸方式。

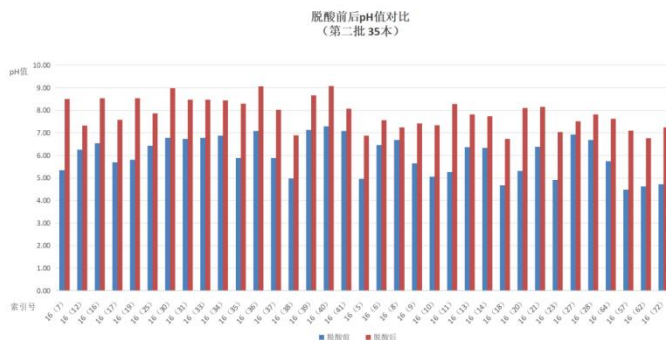


图 7 脱酸后 pH 值

（五）脱酸后检测

1.检测指标与方法

脱酸后文献的检测指标主要包括以下几个方面：

（1）pH 值检测：采取无损的检测手段—表面 pH 值检测判断藏品酸化程度。使用专业的 pH 检测仪器，至少选择每件藏品 2 个点位进行检测，计算平均值。根据国家标准 GB/Z42964—2023《图书馆纸质文献脱酸工艺有效性评价方法》，纸张脱酸后 pH 值应高于 6.5。

（2）笔迹颜料检测：观察文献中的各种书写材料，如红色、黑色、蓝色墨水，钢笔（自来水笔）、铅笔、圆珠笔等，在脱酸处理后是否有掉色、晕色等现象。可以通过对比脱酸前后的文献字迹颜色，进行直观判断。

(3) 纸张外观检测：检查文献脱酸后纸张是否有变形、褶皱、膨胀、发黄等变化。通过肉眼观察和触摸纸张，评估纸张的平滑度和柔韧度是否发生改变。

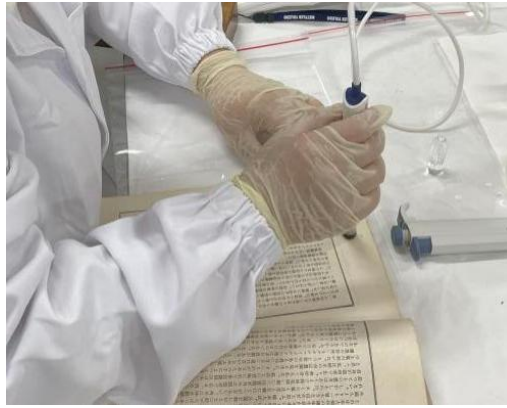
(4) 碱性缓冲能力检测：使用专业的化学分析方法，检测脱酸后纸张是否有一定的碱性缓冲能力，以抵抗酸性物质侵蚀。例如，可以将纸张浸泡在酸性溶液中，观察纸张的 pH 值变化情况。

(5) 残留物检测：检查脱酸处理后的残留物是否无异味，对环境友好。可以通过嗅觉和环境监测设备进行检测。

(6) 二次破坏检测：评估脱酸材料和工艺是否对纸张带来二次破坏。可以通过显微镜观察纸张纤维结构，检查是否有损坏或残留物。

2. 脱酸后园林文献效果

上述第二批文献均在各自脱酸后放置半个月后进行了严格的脱酸后表面 pH 值检测及数据登记工作，脱酸后表面 pH 值都在 7.0 以上，符合国家标准 GB/Z42964-2023《图书馆纸质文献脱酸工艺有效性评价方法》要求，达到脱酸目的。



表面 pH 值检测登记表

第 页 共 页

项目名称	纸质文献脱酸保护项目					
委托脱酸单位						
文献名称	农学小丛书《种薯栽培法》	文献索引号	(16)2			
文献状况描述	1. 封皮脱落 2. 内页破损有孔洞 3. 有染色现象 4. 第一页有印章 5. P27页有书签，书签上有黑色墨迹					
表面 pH 值	检测环境条件：		温度 23.4℃	相对湿度 48% RH		
	页数	脱酸前	检测日期	页数	脱酸后	检测日期
	5	4.76	2023.4.20	5	6.34	2023.5.10
	43	4.87	2023.4.20	43	6.25	2023.5.10
	检测人：	郭东东		检测人：	郭东东	
	审核人：	方仁杰		审核人：	方仁杰	
检测依据：GB/T 13528-2015《纸和纸板表面 pH 值的测定法》						
备注						

负责人：郭东东 日期：2023.5.11

图 8 脱酸后评估

五、阶段性工作效果

（一）pH 值改善情况

在第一阶段工作中，对挑选出的第一批 30 件（套）装帧相对完好的文献进行规模化设备脱酸处理，脱后放置半个月后进行表面 pH 值检测，该批文献表面 pH 值平均增加 2.14，达到了脱酸目的。在第二阶段工作中，针对第二批文献的不同保存状况采用了设备脱酸和喷洒脱酸两种方式。由于第二批文献脱酸前的表面 pH 值比较高，平均值为 6.1，脱酸后该批文献表面 pH 值平均增加 1.79，但脱酸后表面 pH 值都在 7.0 以上，同样达到了脱酸目的。从两阶段的工作成果来看，无论是 pH 值较低的第一批文献还是 pH 值相对较高的第二批文献，经过脱酸处理后，pH 值都得到了显著改善，有效中和了纸张中的酸性物质。

（二）对纸张的影响

脱酸处理对纸张的外观及性能产生了积极的影响。首先，纸张没有产生变形、褶皱、膨胀、发黄等变化。在传统的脱酸方法中，如某些水相脱酸法，容易导致纸张出现皱褶和变形的情况，但园博馆采用的无水液相脱酸技术避免了这一问题。其次，纸张原有的平滑度和柔韧度也没有发生改变。这对于保护园林文献的完整性和可读性至关重要。此外，经过脱酸处理的文献符合古籍修复的“修旧如旧”原则，在延长文献保存寿命的同时，最大程度地保留了文献的原始面貌，为传承园林文化遗产提供了坚实的物质基础。

六、小结

尽管中国园林博物馆在园林文献保护上取得了一定的成果，但面对日益严峻的近现代园林文献酸化现象，仍然存在一些问题和挑战。对于已经完成脱酸保护的文献，需要持续对比监测入库保存和出库利用后的酸化程度变化，以便及时采取进一步的保护措施。对于还没能及时得到脱酸保护的古籍文献，通过调节其保存环境延缓其脆化速度是一种有效的临时措施。同时，脱酸对象不应局限于已经酸化、脆化的文献，而应从馆藏价值出发，对那些必须长期保存的珍贵藏品，在入库前优先进行脱酸处理，预防其酸化严重，使其有可能以原始面貌保存。未来，我们将继续深入研究近现代园林文献保护相关技术，不断提高保护能力，为保护中华文明文化遗产做出更大的贡献。