

## 文献脱酸保护实验中心建设纪实

□ 张立朝 国家图书馆北京国图创新文化服务有限公司

### 一、建设背景

几千年来,中华文明虽历经沧桑,饱受磨难,却绵延不绝,历久弥新,这其中,浩如烟海的典籍、档案功不可没。纸张作为典籍、档案的重要组成部分,其质量对典籍、档案的保存寿命起着决定性作用。我国古代多采用手工造纸,手工造纸的原料以麻、树皮等为主,纤维素成分高,耐久性好,且生产过程中处理条件温和,不使用强碱、强酸、强氧化剂,对纤维损伤小,纸张耐久性强。18世纪末期,西方国家率先开始化学造纸,化学造纸浆可以除去原料中的大部分木质素及其他杂质,但在施胶过程中带进了酸,使得纸张呈现酸性。此外,加上近代造纸使用原材料、造纸工艺、环境污染等因素影响,加剧了纸张的酸化现象。纸张酸化已成为影响文献长久保存的世界性问题<sup>①</sup>。中国也不例外,2004年,中国国家图书馆开展了《馆藏纸质文献酸性和保存现状的调查与分析》研究,结果显示,馆藏的67万册民国文献中,约96.7%的图书存在不同程度的劣化、霉蚀、酸化等情况,大部分20世纪20—30年代的民国文献,pH值已接近于4。南京图书馆pH值在5以下的占比超过95%<sup>②</sup>。如果对此类酸化严重的文献不进行有效的脱酸处理,这些文献在50—100年后就会面临不可逆的损毁。除民国文献外,红色革命文献及1949年到2000年出版印刷的书刊报、国家重要的纸本档案也存在不同程度的酸化问题。

依托古籍保护科技文化和旅游部重点实验室,国家图书馆古籍馆近年持续致力于文献脱酸关键技术及脱酸溶液的创新研究,取得了一系列科研成果,并申请了数项发明专利。在此基础上,开展多批次民国文献脱酸的技术验证,成效显著,实际脱酸效果及稳定性已达到国内领先、国际先进水平。

在国家图书馆的倾力指导支持下,为更好地将文献脱酸科研成果进行市场化转化,更广泛应用于包括红色革命文献在内的文献抢救保护工作中,以文献脱酸保护为主要使命的国有控股企业——北京国图创新文物保护科技有限责任公司(以下简称“国图文保”)于2022年11月正式成立。公司采用国家图书馆独家授权的、国际先进的纸质文献无水液相脱酸专利技术,研制建设集系统集成、智能操控、批量脱酸、远程监管于一体的智慧化文献脱酸保护实验中心(以下简称“中心”),可实现百公斤级文献一次性脱酸处理。中心于2023年4月正式开业运营,陆续承接国家图书馆、青海省图书馆等单位文献脱酸保护业务,初见成效。

<sup>①</sup>田周玲:《文献用纸脱酸方法之分析》,《图书馆工作与研究》2009年第9期,第2—74页。

<sup>②</sup>陈立:《民国时期文献酸化及保护的地域差异性研究》,《图书馆界》2014年第3期,第9—31页。

## 二、文献脱酸保护中心建设

文献脱酸的主要工艺流程为将酸化的纸质文献从库房取出后进行编目、拍照留证，必要时进行除尘，之后通过喷涂或整本浸泡的方式让纸张与国家图书馆古籍馆自主研发的无水有机脱酸溶液充分接触，中和纸张中的酸性成分，实现纸张的酸碱度值在中等碱性区间范围内，以提高纸张在未来相当长时间内的抗酸性，保证纸张纤维和字迹的稳定性。

在整套工艺流程中，稳定有效的脱酸液、安全智能的脱酸系统最为关键。脱酸液除了能够有效中和纸张中的酸性成分外，还要做到对纸张无损，比如纸张无明显变形、字迹不褪色、纸张白度无变化等。脱酸系统则需要在确保文献绝对安全的情况下，对不同品相的文献做到整本、批量脱酸，整个脱酸过程需要经过图书放置、药液浸泡、药液回收、干燥等流程，且全过程药液回收率达 95% 以上，避免药液污染操作间，实现人机友好。

### （一）脱酸系统的研发

为了适应各类装订及尺寸的文献的脱酸应用，并且实现一次性百公斤级文献的脱酸处理，根据工艺流程的需要，整个系统的组成部分包括：立、卧两种脱酸室，配套的储液罐、储油罐、集气罐、集液罐等压力容器，各容器之间的连接管道、阀门和输送泵、加热、冷却系统，以及配套的自动控制系统等。各部分功能如下：

脱酸罐是进行脱酸作业的载体，为适应不同品相图书脱酸的需要，分为立式和卧式两种形式。其中，卧式罐内的书框采用摆动的方式实现文献典籍与脱酸液的充分接触，立式罐内的书框则采用定时正反转的方式实现纸、液的充分接触。书框的摆动或旋转均采用变频传动方式，速度范围为摆动 10—100 次/分钟或旋转 10—100 圈/分钟。罐壁及罐底为双层结构，需要加热干燥时夹层内注入热硅油，以加速罐内残余脱酸液的挥发与回收。

储液罐用于配置和储存脱酸液，其容量大于 4 台脱酸罐同时作业所需的脱酸液用量体积总和。在脱酸作业前，需对脱酸液进行搅拌，使脱酸溶质充分溶解在脱酸剂中，然后通过送液泵将脱酸液注入待作业的脱酸罐内。当脱酸浸泡完成后，通过回液泵及过滤器将脱酸液回收收到储液罐内。

集气罐、集液罐是二级残留脱酸液回收的重要附属设施。利用脱酸液的易挥发性，采用加热和冷却双重作用，使脱酸液经过气化和液化两个物理形态的转变过程，充分将脱酸液回收收到集气罐和集液罐内。在实践操作中，脱酸液的回收率可达 95% 以上。

此外，系统还配置有储油罐，其作用是储存导热硅油，在脱酸作业的干燥阶段，通过油泵将经过加热的导热硅油循环注入脱酸罐夹层，用以烘干罐内的文献典籍。加热过程须严格控制罐内温度，防止文献典籍温度过高而损坏。



图 文献脱酸保护实验中心智慧脱酸设备

为实现脱酸系统的工作全过程监测,系统还配置了必要的仪表用于检测各个子系统的运行参数,如液位、温度、压力和成分传感器。在软件系统方面,采用 PLC 控制系统,系统的各项运行参数(包括成分、温度、液位、压力等)均由相应的传感变送器转化为电信号接入 PLC 的模拟量输入通道,再由采样程序还原参数信息,在人机界面(HMI)上呈现。在文献典籍脱酸处理过程中,PLC 系统根据工艺流程实现对所有受控设备(包括搅拌器、摇摆器、泵、电动阀)按顺序控制或连续调节,整个处理过程可实现无人化操作。

脱酸系统的运行操作主要是通过人机界面(HMI)进行。人机界面(HMI)提供了可视化的图形界面,将所有的设备及仪表参数以友好的动态图画的方式呈现,给人以直观的感觉,为工作人员操作该系统开展脱酸工作提供了便利条件。

为适应各种运行工况的需要,系统还提供了手动、半自动和全自动多种操作运行模式。其中,手动操作模式主要用于设备调试和维检期间对设备进行单独测试;半自动操作模式可根据各个脱酸罐的作业子过程进行独立选择;全自动模式下,系统可根据设定的参数时序化地执行各个作业子过程。此外,系统还实现了脱酸全过程运行记录和日志,在自动脱酸作业时,每个投入工作的脱酸罐的每个脱酸作业子过程,以及系统的各项参数指标,如成分、温度、液位、压力等,都会按照一定的频率进行记录存档,为文献脱酸的全过程保护提供数据支撑。

## (二) 药液配置

中心采用的脱酸液采用国家图书馆独家授权的国家专利技术“一种纸张脱酸液及其制备方法”(专利号:ZL201610257571.2)进行配置,它使用兼具适度碱性及碱储量的纳米级氧化镁,持续分散处理使其在化学惰性好、表面张力低、疏水疏油的全氟烷烃溶剂中分散均匀,最终形成稳定的分散液,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,处理后纸张的白度、厚度、耐折度、抗张强度基本保持不变,处理后的纸张不变形、不褶皱、不膨胀、不发黄,不改变纸张原有的平滑度和柔韧度,文献经脱酸后无褪色、渗色现象产生。该脱酸液无刺激性气味、不可燃、不爆炸、无危害、具备安全性,即脱酸反应的中间产物、副产物和最终产物均无毒、无害,脱酸操作对操作者与环境无危害,且纸张脱酸完成后的文献对读者和文献管理员无危害,已通过大鼠急性吸入毒性试验、家兔皮肤刺激性试验、家兔眼刺激性试验、豚鼠皮肤致敏试验以及小鼠急性经口毒性试验。脱酸液至今已取得了一系列研究成果和显著的保护成效,脱酸效果达到国际先进水平,并具有 MSDS 化学品安全说明书。

## 三、标准体系建设

中心在结合业务开展实践推进文献脱酸操作 SOP 体系建设的同时,联合国家图书馆、北京理工大学参考 ISO/TS 18344 制定国家标准《图书馆纸质文献脱酸工艺有效性评价方法》(GB/Z 42964-2023),并于 2023 年 8 月 6 日正式发布实施。这份文件旨在建立基于国内文献特点的、包括工艺验证和常规监测在内的文献脱酸工艺的评价方法,推动国内图书馆文献脱酸的规范化和标准化,加快纸质文献脱酸抢救的速度。本标准文件的制定弥补了国内该领

域的空缺，为进一步规范图书馆纸质文献脱酸评价工作，促进文献脱酸工作的快速健康发展奠定了基础。

#### 四、市场应用前景

2023 年 4 月 28 日，在国家图书馆的指导下，在国家图书馆古籍馆的全程参与协助下，国图文保正式对外营业，同步文献脱酸保护实验中心正式挂牌成立并顺利投入运营，为国内文献、档案等收藏单位的脱酸需求提供了稳定可靠的国产技术选项，开创了国家图书馆文献保护科技成果社会化合作与市场化应用新篇章。建成后的文献脱酸保护实验中心，日满负荷加工能力可达 200 余册、20000 余页。开业以来，中心得到了来自社会各界尤其是文献、档案收藏单位的高度关注，并陆续承接了国家图书馆、青海省图书馆、海淀区档案馆等单位及藏书个人相关文献的脱酸保护业务，共计 100000 页。经脱酸前后对纸张的 pH 值、纸张白度、耐折度等关键数据的检测、比对，脱酸效果明显，且做到了纸张无损、无害。

在此基础上，中心进一步优化了便携式脱酸设备的配置，以及脱酸液的生产加工流程，逐步降低市场应用成本，并进一步延伸了国图文保的主营业务，从文献脱酸业务延伸至文献修复、保存、活化利用，并与其母公司——北京国图创新文化服务有限公司主营的图书馆文化创意产品开发相链接，逐步形成了文献保护与活化利用的综合解决方案。

习近平总书记在中国人民大学考察时强调，要运用现代科技手段加强古籍典藏的保护修复和综合利用。未来，国图文保将站在为中华民族赓续文脉的高度，充分依托市场实践，加大技术研发投入，不断提升文献保护技术与服务水平，以科技助力文保，让文献历久弥新。