

真空充氮包装在文献档案保藏领域的应用

济南兰光机电技术有限公司

我国历史悠久,文化璀璨,历代文献档案卷帙浩瀚。作为一个国家的文化、历史、科技、人文活动重要的承载物,文献档案得以长久有效的保藏,不仅是每一个保藏工作者的最大愿望,更是延续中华民族历史文明的重要传承。

文献档案保藏面临的各种问题

文献档案传承至今,经过少则数十年、多则上百年的时间洗礼,老化严重。近代,由于常年战乱以及外国侵略,珍贵的文献档案资料或遗失或损坏,遗存数量大大减少。到了现代,工业化步伐大大加快,空气污染日益加重,尤其是酸性气体的大量排放,使得文献档案纸张酸化程度越发严重。由于纸张微观下呈多孔结构,易吸附 SO_2 、 NO_2 、 Cl_2 等酸性气体,这些气体与纸张内的水分发生反应,有的直接生成强酸,如硝酸 (HNO_3)、盐酸 (HCl),有的再经过氧化生成强酸,如硫酸 (H_2SO_4)。这些酸性气体的化学反应一方面加速了纸张纤维素的水解,另一方面降低了纸张的 PH 值,导致纸张的耐折度、拉张度等机械强度大幅下降。

工业化带来的另一问题就是汽车保有量连年上升,大量汽车尾气在太阳照射下经一系列化学反应形成以臭氧、过氧乙酰硝酸酯、醛类为主要成分的烟雾,它同样会导致纸张的机械强度降低,纸张颜色变黄,字迹褪色。此外,空气中遍布的灰尘颗粒也会对纸张造成磨损,表面吸附的有害气体和微生物对纸张材料同样产生破坏作用。

真空充氮包装对于文献档案保藏的效果

通过上述分析,空气和灰尘是文献档案保藏面临的巨大威胁。基于此,以隔绝空气和灰尘为目的的多种现代保藏技术开始尝试在文献档案领域应用,如空气净化技术、除氧技术、真空充氮包装技术等。其中真空充氮包装操作简单、成本低、保藏效果好,具有大规模推广的潜在优势。

真空充氮包装,是将文献档案密封在塑料薄膜档案袋中,抽出袋内空气达到预定的真空度后,再充入氮气,使袋内氮气压力与包装外大气压相同,密闭封口。抽真空的作用是将文献档案与大气隔绝,构成低氧、低湿、少酸的小环境,断绝了微生物赖以生存的氧环境,同时具有防虫、防霉变的效果。充氮则能降低档案的老化速度、防止虫害和霉变的发生。氮气属于惰性气体,分子中存在三键 $\text{N}\equiv\text{N}$,键能非常大,不易被破坏,因此氮气分子具有很强的稳定性。因此当采用真空充氮包装后,文献档案被氮气包裹,难以发生化学反应,故而能延缓纸张老化,延长了文献档案的保藏寿命。

相关研究人员对真空充氮包装的保藏效果进行了测试，结果表明：真空充氮包装的文献档案与直接包装的文献档案相比，前者在耐折度、白度、抗张强度、颜色变化方面具有明显的优势。

文献档案真空充氮包装保藏效果的影响因素

虽然理论上和相关试验证明了真空充氮包装是一种文献档案保藏的有效手段，但在实践中，各个环节的异常因素都会影响真空充氮包装的保藏效果。目前的研究多集中于真空充氮包装对纸张老化的影响分析，这些分析结果是基于包装内氮气含量保持稳定的前提下得出的。但是在保藏期间，这一前提条件是否成立受到多重因素影响，而相关研究仍显薄弱。

1、抽真空不完全

真空充氮包装的保藏作用依赖于空气与文献档案材料的隔绝，故抽真空是为了尽可能的减少包装内残留的空气，以便氮气完全代替。为实现这个目的，包装的抽真空技术和抽真空效果尤为重要，倘若抽真空操作没有严格按照规定的真空度进行作，那么将会导致过多的气体残留在包装内，最终影响充氮效果。

2、氮气气源的纯度较低

上面分析，充氮的作用是利用其化学稳定性减少包装内文献档案因空气化学反应引起的老化问题，因此充入的氮气纯度必须达到 99%~99.9%。当前市场采购的氮气气源，在纯度方面参差不齐。建议有条件的文献档案保藏机构加强氮气气源纯度的检验，避免杂质气体的影响保藏效果。

3、包装材料的氮气阻隔效果

即便采用了最完善的抽真空技术和纯度很高的氮气气源，也难以避免一个问题，就是包装材料的氮气渗透。世间宏观物质都是由大量的、始终处于无规则热运动的微观粒子如分子、原子构成。当物质中粒子数密度不均时，分子的热运动促使粒子从密度高的地方迁移至密度低的地方，如此就形成了扩散，而扩散正是气体渗透的根本。就文献档案的真空充氮包装而言，其包材的内外两侧，氮气气体浓度相差很大，高浓度侧的气体分子吸附、溶解入包材内部，经过扩散，继而从低浓度侧析出，这一过程即为氮气渗透。由于分子的热运动是永不停息的，氮气气体分子对于包装材料的渗透也是客观持续存在的。随着保藏时间的延长，包装袋中的气体氛围由起先的氮气为主逐渐变化为氮气、氧气、二氧化碳三种气体为主，氧气含量的升高、氮气含量的降低，充氮包装的功效逐渐降低。

虽然这一渗透过程无法避免，但其渗透速率却可以控制。包装材料的气体渗透性主要取决于自身的结构特点，比如分子链的极性、刚性、侧基、结晶度、密度、取向度等等。因此，

基于不同包装材料对氮气渗透速率的差异原理,可以利用选择包材种类来控制氮气的渗透速率。氮气透过量这一参数是最直观的选择依据。

笔者利用济南兰光 VAC-V2 压差法气体渗透仪,根据 GB1038 的相关规定,分别测试了 PVDC 膜、HDPE 膜、LDPE 膜、PET 膜、BOPP/VMCPP 复合膜的氮气透过量,分别编号为#1~#5。测试条件为 23°C、50%RH。试验结果见表 1。

表 1 三种材料的阻隔性测试结果

试样编号	试样种类	试验结果——氮气透过量
		cm ³ /(m ² ·24h·0.1MPa)
1	PVDC 膜	0.8617
2	HDPE 膜	104.1391
3	LDPE 膜	304.1472
4	PET 膜	19.7874
5	BOPP/VMCPP 复合膜	10.7681

从试验结果看出,氮气透过量从高到低依次为#3、#2、#4、#5、#1。其中#3 样品的氮气透过量是#2 样品的 2.9 倍,是#4 样品的 15 倍,是#5 样品的 28 倍,是#1 样品的 353 倍。这说明,#1 样品对氮气的阻隔性最优,即对真空充氮包装内氮气的保存能力最强。PVDC 的分子结构是自身对称的,结晶度高,单位分子结构中含有 2 个氯原子,氯原子能够与其他链段中的氢原子紧密结合,且分子链为线性的头尾相连的结构,上述种种结构特点使得 PVDC 的分子间凝集力很强,氮气等分子很难在其中扩散、移动,故 PVDC 膜具有高氮气阻隔性。

文献档案真空充氮包装内气体氛围变化监测

作为文献档案的保藏机构,采用了真空充氮包装保藏技术后,在了解保藏效果的影响因素基础上,应对保藏期间真空充氮包装内气体氛围做严格细密的监测研究,以了解不同包材在不同保藏时间阶段包装内氧气、二氧化碳和氮气的变化情况,从而合理选材。

正常的空气成分按体积分数计算是氮约占 78%，氧约占 21%，剩下的为二氧化碳和其他稀有气体。而在真空充氮包装内部小环境中，氮气所占比例更大。笔者做了一个简单试验研究，对于 HDPE 和 LDPE 两种材料的真空充氮包装，利用兰光 HGA-02 顶空气体分析仪测试其在不同时间间隔内包装内氧气和二氧化碳的占比。结果见表 2。从表中数据可以看出，150d 后两种试样中氧气含量最高的为 LDPE 真空充氮包装，而且两种试样均检测出少量的二氧化碳气体。此时，两种试样的保藏效果均大打折扣。

表 2

试样	不同时间段包装内气体占比					
	30d		90d		150d	
	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
HDPE 真空充氮包装	2.7	0	3.3	0	6.1	0.01
LDPE 真空充氮包装	5.9	0	7.8	0	9.4	0.02

总结

文献档案是我国科技文化成果传承的珍贵宝藏，在保藏环境日益恶化的今天，亟需现代化的保藏手段。真空充氮包装应用于文献档案保藏，具有效果好、成本低的优势。但同时，抽真空效果、氮气气源的纯度以及包装材料对于氮气的渗透性都会影响真空充氮包装对文献档案的保藏作用，建议除了加强上述因素的控制之外，还应建立包装气体氛围的定期监测，以实现保藏作用的长期有效。