

浅议图书馆水灾后清理和消毒工作

闫智培

摘要：图书馆遭遇水灾后，必须在48小时内对水浸物品进行处理。受到严重水污染的一般多孔性材料首选移除，非多孔性材料可进行表面清洗和消毒。初期清洗宜使用水和洗涤剂进行湿法清洁，清洁时需避免引起颗粒再悬浮形成生物气溶胶造成室内空气污染。大批量水浸文献常用冷冻干燥法进行处理。

水管或暖通管道破裂、房屋漏雨、洪水都可能造成图书馆遭遇水害。通常水害的最佳处理时间为48小时。因为当室内物品和文献保持湿润超过48小时，就会开始发霉。霉菌会引起文献变色和加速老化，也会导致室内空气变得不健康，人们吸入霉菌会导致过敏反应等不良反应。此外，雨水和洪水中可能含有细菌、霉菌等微生物和有害化学物质，这些物质会随着水浸泡附着在图书馆水淹物品的表面，当水害过后进行清理时，这些物质可能会进入室内空气，威胁人类健康。因此，水灾后图书馆规范进行清理和消毒工作，有利于减少细菌、霉菌等微生物和有害化学物质对人类和文献的危害。

本文根据美国环保署对洪灾后室内物品消毒灭菌工作的规定和国内外常用的水浸文献处理办法，提出水灾后室内物品清理消毒基本程序、室内物品清理和消毒建议和水浸文献处理方法。

1、室内物品清理和消毒基本程序

水灾后首先要根据水害的来源对水污染程度进行分级；然后根据物品的易感染程度、感染情况和价值，对水浸室内物品进行分类清理和消毒。

1.1 确定水污染级别

在开始清理工作之前，首先必须确定水源。一般水害的水源很少是干净的。需要确定是什么污染了水？污染是由管道腐蚀、洪水、泥浆和碎片造成，还是污水造成？然后根据水源的性质和污染级别制定清理和消毒方案。

根据 S500 《专业水损伤恢复标准和参考指南》（下文简称为 S500 标准），将水根据污染程度分为三类：

第 1 类为来自卫生水源的水，不存在接触、摄入或吸入的重大风险。例如，自来水管破

裂引起的水害。

第2类水有明显的污染，如果被人类接触或饮用，可能会对健康造成危害。包括洗碗机或洗衣机溢出的水，没有排泄物的厕所反流水和水族馆的水。

第3类水受到严重污染，可能含有病原体或毒素。任何接触或饮用第三类水的人都有健康影响的风险。第三类水包括来自海洋、河流或湖泊的污水和洪水。

1.2 做好个人防护工作

在进入或检查一个可能发霉的室内环境前，由于吸入霉菌可能引起过敏反应或呼吸道刺激等健康问题，所以一定要保护自己避免暴露于霉菌和其他污染物。至少要戴上 N-95 口罩、护目镜和防护手套。

1.3 清除积水

微生物，如细菌，可以在静水中繁殖和生长。从那里，它们可以进入空气，在那里你可以吸入它们。雨水、洪水可以与污水、污物或其他物质混合而将细菌和化学物质等污染物带入图书馆中。所以，应该尽快清除所有的积水。推荐用湿吸尘器吸走地板、地毯和硬表面上的水。

1.4 根据物品性质、受感染程度和价值清理物品

1.4.1 基于吸湿性和干燥性及水分损伤敏感性进行物品分类

S500 标准根据吸湿性和干燥性以及水分损伤的敏感性将材料分为三类：

- (1) 多孔材料：快速吸收液态水，蒸发干燥时间长。
- (2) 半多孔材料：缓慢吸收液态水，缓慢干燥。
- (3) 无孔材料：完全不吸水或吸水率可以忽略不计。

表1 为多孔、半多孔和非多孔材料的几个例子。

表1 多孔、半多孔和非多孔材料举例

	多孔	半孔	无孔
家居用品	纤维织物、纺织品、家具衬垫、寝具、中密度纤维板	未抛光木制品，砂岩、胶合板、发泡聚苯乙烯	玻璃、大理石、花岗岩、金属和表面抛光木材
室内装修材料	石膏板、天花板、地毯、地毯垫料	未抛光的木材、镶板、木楼梯	所有面都抛光的木制品、陶瓷或塑料瓦、金属、玻璃

建筑材料	定向刨花板、石膏水泥	未抛光木材、纤维水泥侧线	钢铁、铜、玻璃、瓷砖
------	------------	--------------	------------

通常,无孔材料可用温水和洗涤剂清洗,然后晾干。中孔材料可以用温水和洗涤剂清洗,然后晾干,再根据污染或物理损坏的程度,可以对该物品进行处理或采用 S500 标准下的更详细的方法修复。多孔材料中,可完整清洗的织物和纺织品可以用温水和洗涤剂清洗;由多孔材料如中密度纤维板制成的家具可以清洗,除非它在物理上分解或暴露于第 2 类或第 3 类水;家具坐垫、石膏板、天花板砖、地毯和地毯衬垫/垫子、定向刨花板和石膏护套等一般建议更换。

此外需要注意,尽管许多由非多孔材料制成的大而暴露的表面易于清洁和干燥,但有些组件很难干燥,可能需要拆开进行清洁和干燥。例如,内置的橱柜和书架需要被移除,以暴露其背后和下面隐藏的表面。其他物品,如冰箱、炉具、电器固定装置、设备和马达,应该经过专业检查,并进行清洁、修理或更换。

1.4.2 基于材料价值进行分类

图书馆中的物品需根据其价值进行分类,一般物品可根据受损程度和修复成本综合考量,清洗、处理或更换;贵重物品,如古籍、字画,不管它们的状况如何,都要进行抢救。

1.4.3 不同物品分类处理

对于室内物品,一般建议移除和替换会吸收大量水分的多孔和半多孔材料,比如石膏板、地毯和天花板;清洗和干燥不吸水的非多孔材料,如金属书柜、玻璃和硬塑料。如果材料在清洗过程中会发生物理损坏或者洪水属于第 3 类,则忽略材料分类,推荐进行移除和更换。彻底清洁和干燥最好在 24~48 小时内完成。

图书馆中收藏着大量文献,往往还有许多古籍善本,为无价之宝。书籍容易吸水和生霉,对水分损伤敏感,需要尽快对其进行抢救。

2、室内物品清洁和消毒

2.1 清洁

室内物品清洁时首先必须把能看到的所有霉菌全部消除。但是需要注意,清洁时污染表面的颗粒在受到吸尘器、抹布、刷子或拖把的干扰时,可能会重新悬浮;挥发性化合物可能通过洗涤剂和消毒剂释放到空气中。表面沉积的颗粒和灰尘(包括细菌或真菌的来源)再悬

浮可能是室内环境中污染物暴露的一个重要来源。因此，在干燥、打扫和除污时需要特别注意避免颗粒物再悬浮。如果使用清洁产品，不要混用不同清洁产品。阅读并遵循产品标签上的说明并在通风良好的地方使用所有清洁产品。

2.1.1 影响颗粒物再悬浮产生生物气溶胶的因素

要使沉积的颗粒从表面分离重新分散在空气中，必须有一种外力，类似于人类活动（如行走，清洁）或高空气流速（如通风管道中的流速）先作用在表面粘附的颗粒。因此，三个特别重要的与水害清理活动最相关的生物气溶胶再悬浮来源包括：（1）地板表面污染物再悬浮，（2）通风管道污染物再悬浮和（3）从发霉的建筑材料中释放。

影响颗粒从表面再悬浮速率的因素包括：（1）空气速度（例如，高空速比低空速更能诱导再悬浮），（2）地表表面粗糙度等特征（如粗糙表面比光滑表面更容易引起再悬浮），（3）人类活动所产生的搅动程度（如：沉重地走动比轻盈地走动更易引起再悬浮），（4）环境条件（例如：温度、相对湿度）。因此，再悬浮是生物气溶胶暴露的一个重要来源，所以有必要在地板表面、暖通管道和其他建筑物材料被水污染后进行深度清洁。此外，清洁时还应注意一些意图减少微生物污染的清洁活动，可能无意中（尽管是暂时的）增加生物气溶胶暴露水平。例如，高压喷雾和洗涤剂已被证明可以有效地清洁表面，但是高速度也可能使大量沉积在污染表面的生物气溶胶重新悬浮起来。

2.1.2 清洁建议

为降低清洁过程中的颗粒再悬浮率，提出以下清洁建议：

（1）使用温和湿润的清洁方法（例如，用水和洗涤剂湿擦）收集地板和书柜等光滑表面的霉菌孢子作为最初的清洁方法。避免使用干法（如刮削、砂磨、真空吸尘）作为初期清洁方法。因为从一个被霉菌覆盖的表面释放大量的霉菌孢子只需要很少的干扰。

（2）在搬动家具或其他物品之前，或在拆除石膏板、镶板或胶合板之前，用温和湿润的方法清洁发霉的表面。因为使用锤子，撬棒，钻头，砂纸，和压力洗涤剂会再悬浮大量的孢子和菌丝。

（3）使用水和洗涤剂进行清洁，而不是水和漂白剂。因为一些物体，包括许多青霉菌和曲霉菌物种排斥水。表面活性剂能更有效地收集疏水性颗粒。

（4）在清洗的这个阶段，避免使用高压清洁器。

2.2 消毒灭菌

2.2.1 必要性评估

修复计划的目标是清除所有的微生物。物理去除微生物污染的材料，同时对完整的结构

和材料进行有效的清洗，即使对高度传染性的病原体污染，仍然是首选的方法。如果对污染物质的谨慎和有控制的清除足以解决问题，则不应考虑使用生物杀灭剂。但是，在某些情况下生物杀灭剂的使用可能在恢复工作中发挥重要作用（例如，污水回流到建筑物中的微生物污染）。

如果水害的来源为第一类水，通常及时干燥水浸物品避免发霉即可。如果水源是第2类或第3类，或者第1类的水保持足够长的时间变成第2类或第3类，同时有些受污染的物品无法物理移除、更换或者彻底清洗，或者清洁后干燥较慢时，那么需要对物品进行消毒灭菌处理。

2.2.2 生物灭菌剂

表2列举了常见的生物灭菌剂的类型。使用气相杀菌剂时要小心。气相中的臭氧和二氧化氯都有技术要求和限制，以及人类的暴露和健康问题，这实际上排除了它们在常规情况下用于清除被洪水破坏的房屋和其他室内环境中的污染物。季铵盐化合物灭菌效果有限、酚类物质有毒、碘伏、戊二醛和过氧化氢价格高，均不适宜于图书馆大量使用。酒精无毒无害，但是易挥发易燃，可用于小件物品的擦拭消毒，不宜于大量使用。次氯酸盐（84消毒液主要成分）价格便宜、杀菌效果明显，是我国医疗部门常用的室内消毒剂。但是，次氯酸盐为含氯消毒剂，氯为挥发性气体。次氯酸盐型消毒液即使用水稀释也是一种腐蚀性有害的化学物质。暴露会刺激眼睛、皮肤、鼻子和肺。它也被有机物灭活，对金属有很强的腐蚀性。

关于是否使用漂白水（主要成分为次氯酸盐和氯化钠）进行灭菌，美国多个规范要求不尽一致。美国环保署（EPA）关于洪水处理的规范没有特别提到漂白剂，但是警告不要使用杀菌剂。美国联邦应急管理局（FEMA）的卡特里娜飓风（Katrina）恢复建议（后来与其他联邦文件一起审查）也建议不要使用漂白剂。而美国疾控中心建议用洗涤剂和水或每加仑水加1杯漂白剂的溶液清洗霉菌。健康住房中心（NCHH）指南建议在彻底清洁无孔硬表面后使用稀释的家用漂白水。S500标准广泛讨论了生物杀菌剂的选择和使用，并采用了美国政府工业卫生学家会议（ACGIH）的政策，避免了生物杀菌剂的常规使用。

综上所述，次氯酸盐是一种便宜高效的消毒剂，可用于严重水污染表面的消毒。但是室内氯气浓度过高，会产生氯中毒，因此不可常规使用，且使用时要注意开窗通风。同时需要注意，不要将次氯酸盐型消毒剂与其他洗涤剂、消毒剂，尤其是氨水混合。次氯酸盐与许多其他化合物反应产生有毒化合物。

表 2 来自环境卫生期刊的生物灭菌剂（例如消毒剂）的类型

消毒剂	使用浓度	作用	优势	劣势
醇（乙醇、异丙醇）	60%~90%	B,V,F	无污染 无刺激性	可被有机物灭活 高度易燃
季铵盐化合物	0.4%~1.6%	B*,V*,F	便宜	可被有机物灭活、效果有限
酚类物质	0.4%~5%	B,V, F, (T)	便宜，有残留效果	有毒、有刺激性、腐蚀性
碘伏	75ppm	B, V, F, S**, T**	稳定，有残余效果	可被有机物失活、贵
戊二醛	2.00%	B, V, F, S**, T	不受有机物影响，无腐蚀形	有刺激性气味、贵
次氯酸盐	≥ 5,000 ppm 游离氯（1:10 稀释）	B, V, F, S**, T	便宜	漂白剂、有毒、有腐蚀性、可被有机物灭活 ^{1,2}
过氧化氢	3%	B, V, F, S**, T	相对稳定	有腐蚀性、贵 ³

缩写词：

B 代表杀菌；V 代表杀病毒；F 代表杀霉菌；T 代表杀结核菌；S 代表杀孢子；

* 代表效果有限；** 代表需要处理很长时间；（）代表不是所有配方；1 代表引起很多织物内部褪色；2 代表溶解蛋白（羊毛、丝绸）；3 代表热或紫外线引起降解。

3、水浸文献处理

图书馆的主要文献类型为书籍、缩微胶片、照片、光盘等。其中书籍、缩微胶片和照片均为有机材料，易生霉。根据基质材料来看，纸为多孔性材料，吸水性最强，最易发生水分吸收相关的损伤。与室内物品处理相同，抢救水淹文献的最佳时间也是 48 小时内。超过此时间，文献会长出霉菌、甚至长出菌丝。

国内外对水浸文献紧急处置方法主要有空气干燥法、真空冷冻干燥法、真空袋干燥法、吸水纸加真空负压法和环氧乙烷消毒法。其中干燥法、环氧乙烷消毒法对水浸文献紧急处理效果明显。因此，下文对干燥法和环氧乙烷消毒法进行介绍。

3.1 干燥法

3.1.1 空气干燥法

对轻微受潮的文献,通常用空调、去湿机及风扇加上自然通风,使库房温度保持在 22℃ 就可以抑制霉菌生长。

3.1.2 真空冷冻干燥法

对于数量大或水浸严重,难以通过空气干燥法在 48 小时内干燥的文献(包括图书、电影胶片、缩微胶片)或者已发霉的文献,在美国和加拿大都有采用真空冷冻干燥处理的案例。例如,1986 年 4 月加州洛杉矶公共图书馆因火灾水淹,60 万册图书采用真空冷冻干燥处理;1991 年 5 月加拿大一航空公司飞机维修档案 85000 卷,其中电影胶片 30000 卷,采用真空冷冻干燥处理;1995 年 9 月因火灾水淹,美国孔特拉科斯塔县法院计算机中心 20 万卷档案采用真空冷冻干燥处理;1996 年 11 月巴克斯特心血管中心因火灾水淹,不同规格的缩微胶片 220 万张被水浸后采用真空冷冻干燥处理;1998 年 2 月斯坦福大学图书馆因“厄尔尼诺”洪水被水浸的 400 立方、12.5 万张档案材料采用真空冷冻干燥处理;2003 年 5 月,美国军队在巴格达伊拉克情报总部地下室发现已水浸霉变的 27 箱伊拉克籍犹太人档案,也是先经过真空冷冻干燥处理再进行修复。

真空冷冻干燥处理的低温条件抑制了霉菌生长,为处理水浸文献赢得了可控制的处理时间。真空冷冻干燥处理是一种较优的大批量水浸文献处理方式。但是,需要注意,真空冷冻干燥需要特定的真空冷冻脱水设备,如果没有该设备,并不主张将水浸文献放入冷库冷冻。这种情况下,最好将无法在 48 小时内干燥的水浸文献放入冷柜冷藏,减慢霉菌的生长速度。

3.2 环氧乙烷消毒法

目前,环氧乙烷作为一种广谱灭菌剂,广泛应用于医疗器械的灭菌。在常温下可杀灭各种微生物,包括芽孢、结核杆菌、细菌、病毒、真菌等,对物品基本无损伤,是安全的消毒剂。自上世纪六十年代开始环氧乙烷被应用于档案、图书、文物的保护。法国图书馆采用环氧乙烷消毒法对档案文献进行消毒灭菌效果明显。使用环氧乙烷时,灭菌物品需预湿。因为水是环氧乙烷发挥灭菌作用的反应剂,并可促进环氧乙烷的穿透性。因此,用环氧乙烷对水浸书籍进行防霉处理十分有效。

环氧乙烷穿透力强的特点使其可以透过形态不规则甚至是被包裹的物品进行灭菌,与其他消毒方法如消毒剂浸泡、干热、压力、蒸汽及其他化学气体灭菌方法比较,环氧乙烷可避免字迹污损等造成书籍损坏的情况发生。但需特别注意,环氧乙烷的使用必须严格管理,严格按技术安全规范作业。

必须使用安全的灭菌锅等密封设备对文献进行熏蒸,消毒处理后须经较长时间的挥发过程。保持较长时间通风以去除环氧乙烷残留,直至检测达到安全指标后,文献方可入库保存。同时,环氧乙烷是易燃易爆的有毒气体,在室温条件下,易挥发为气体,当浓度过高时可引起爆炸。正是由于它的这种特性,因此很多国家在应用时都持审慎态度。对于化学方法处理易受损文献,则本着能不用尽量不用的原则,以保护文献原件。

4、小结

物理去除受污染的材料,同时对完整的结构和材料进行有效的清洗,是图书馆水灾后处理首选的方法。清洗时需避免出现颗粒再悬浮形成生物气溶胶造成室内空气污染。次氯酸盐是一种便宜高效的消毒剂,可用于严重水污染表面的消毒。冷冻干燥法可以处理大批量水浸文献,环氧乙烷法为常用文献灭菌法,但存在安全隐患。

参考文献

- [1] 美国环境保护局. 洪水清理: 保护室内空气质量. EPA 402-F-18001, 2018年10月修订版.
United States Environmental Protection Agency. flood Cleanup: Protecting Indoor Air Quality. EPA 402-F-18001 | Revised October 2018 |
- [2] 美国国家公园服务中心. 霉菌: 阻止在博物馆藏品上的生长. 2007.
Mold: Prevention Of Growth In Museum Collections
- [3] 向环保署报告关于安全清洁、去污和重新使用被洪水破坏房屋的指导文件.
Report to EPA on Guidance Documents to Safely Clean, Decontaminate, and Reoccupy Flood-Damaged Houses.
- [4] 马小彬. 水浸档案资料紧急处理原则及方法. 2008
- [5] S500 专业水损伤恢复标准和参考指南
S500 Standard and Reference Guide for Professional Water Damage Restoration
<https://www.iicrc.org/standards/iicrc-s500/>