

档案库房空气质量控制策略及技术解决方案研究

研究报告 4 包括三个部分：一是档案库房空气质量控制策略，这部分内容从档案库房的管理角度，研究分析解决档案库房空气质量的解决思路和日常工作中值得注意的问题；第二部分是档案库房空气质量技术解决方案，从我国档案库房的实际出发，研究提出有针对性的技术解决路线、方案，并结合具体案例进行分析。第三部分是本课题组选择的档案库房净化实例检测结果的对比分析。

1. 档案库房空气质量控制策略

档案库房空气质量控制，主要是降低库内有害气体和颗粒物的浓度，要遵照“以防为主，综合治理”的原则，遵照“建筑为主、设备为辅、统筹兼顾、相辅相承”的思路，从大处着眼，小处着手，点滴做起，做到防有害气体与美化、绿化环境相结合，除尘与档案管理相结合，并贯穿到档案工作的全过程。

1) 选好馆址、改善库房建筑

尽可能远离污染源，诸如工矿区。应选在城市空气流通的上风向区。

- a. 提高库房的密闭性能，窗子要少而小。安装双层玻璃。发现孔、洞、缝要及时修补；
- b. 地面应采用水磨石，四壁和屋顶要结合防霉、防光粉涂料或油漆，保持清洁卫生；
- c. 采用绿色环保的建筑装修材料。

2) 搞好馆库周围绿化

植物能吸尘、吸收有害气体，可有效地降低灰尘，净化环境。

可以在馆库周围种植能吸收灰尘、净化空气的植物。据测量：绿化地区可使空气的降尘量减少 23~52%，飘尘量降低 37~60%。树木不同，吸收灰尘的能力也不同，一般说来，针叶树比阔叶树要强，落叶阔叶树比常绿阔叶树要强。有许多植物都能吸收二氧化硫、二氧化氮等有害气体，还有些植物对有害气体具有敏感性，可用于粗测档案库房周围是否含有有害气体。有不少植物既能吸尘，又能吸收有害气体，还有较高的观赏价值。在档案馆的周围环境进行绿化，可以起到绿色屏障的作用。

我国幅员辽阔，是一个多气候区国家，有丰富的植物资源。各地在绿化美化环境时，应因地制宜选择既有观赏价值又有吸尘和吸收有害气体能力的树种、灌木及草坪，做好空间搭配，景观设计，可收到一举多得的效果。

3) 定期检测档案馆环境空气质量

不同季节、不同条件下对档案馆环境空气质量进行检测并做好记录，可以有效评估空气质量，及时发现污染物来源，从而采取针对性的改善措施，选择合适的建筑设备和空气净化器。不仅有利于档案的长久保存，也有利于档案工作人员和利用者的身体健康。

4) 建立库房日志，搞好清洁卫生

建立库房日志，记录库房环境条件和空气质量参数。定期对档案库房进行清扫、除尘，搞好清洁卫生工作。使用机械通风设备和中央

空调设备的档案馆，还应定期对设备的风道和滤网进行清洁维护，以免颗粒物沉积以及微生物滋生。除此之外，严禁在档案库内外焚烧碎纸、枯枝落叶和杂草，以防止烟尘污染；同时对久不清扫的积尘要用吸尘器彻底吸除，以防止颗粒物四处扩散对档案的危害。

2. 档案库房空气质量控制技术解决方案研究

本课题组在研究档案馆环境空气质量控制策略的基础上，研究探索采用污染源控制、通风技术及空气净化技术等对档案库房空气质量进行控制的技术解决方案。

首先无论采用何种净化技术，从技术上改善档案库房空气质量问题都应把握四个原则，以降低档案库房空气中的污染物浓度。

- a. 尽量减少污染物的来源；
- b. 使用分隔空间来控制污染物；
- c. 提高循环空气的过滤器性能来降低空气污染物浓度；
- d. 增加新风量以稀释空气中的污染物浓度。

1) 污染源控制

污染源控制是改善室内空气质量最简单有效的途径，有时也是最经济的方法，可以优先考虑。污染源控制的前提是必须对污染源进行识别。档案库房空气中的污染物可以分为大气污染物和室内污染物两类，如图 7-7 所示。污染源控制可以针对性解决档案库房室内污染问题。

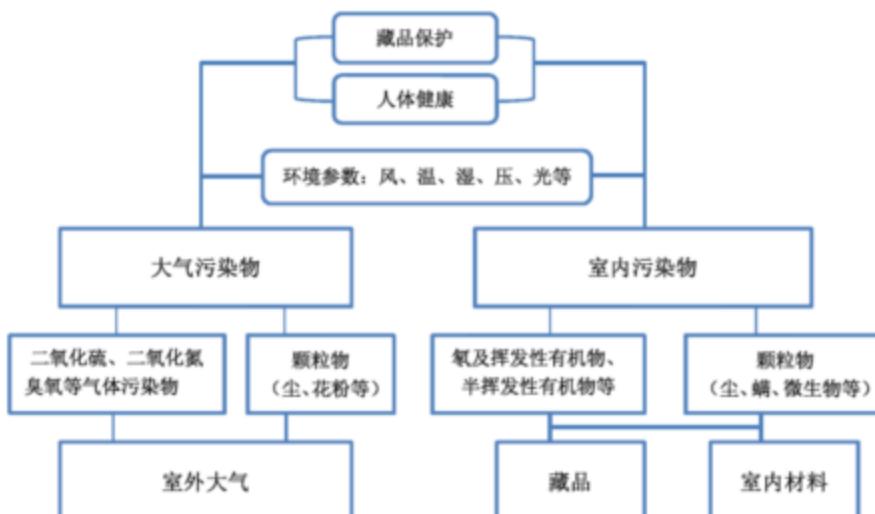


图1 档案库房空气污染物及来源

根据档案库房室内污染物主要源于藏品和室内材料的特点，污染源控制主要集中在以下几个方面：

- a. 在新馆建设或库房装修时，尽量使用绿色建材和环保材料，并且按照 GB 50325-2001《民用建筑工程室内环境污染控制规范》的要求进行检测验收；
- b. 在档案保存过程中，不过度投放防虫防霉药品，而从控制温、湿度方面着手实现实现有害生物的无公害防治。
- c. 对于已经释放气体污染物的档案载体，例如会在长久保存过程中缓慢释放乙酸的醋酸基胶片、报纸等，应隔离存放，设置具有单独通风净化系统的库房，或者采用隔离包装盒，并在盒内配以分子筛控制局部乙酸浓度，改善微环境空气质量。

d. 可在档案馆库房区、展览区等分隔区域设置过渡间并安装空气幕。所谓空气幕是利用条形空气分布器喷出一定速度和温度的幕状气流，可以减少或隔绝外界气流的侵入，以维持室内或工作区域的封

闭环境条件；可以阻挡外界尘埃、有害气体及昆虫等进入室内或工作区域，具有隔尘、隔害作用。

在污染源控制方面，结合档案工作实际，本课题组开发了便携式档案保护工作箱和档案净化整理台两款设备，以改善档案保存微环境，消除档案自身所携带的污染物，在进馆进库的过程中发挥重要作用。

2) 便携式档案保护工作箱的开发研制

我国的档案馆和图书馆的绝大部分馆藏都是纸质档案或纸质图书。在长期的保存过程中，纸质档案材料由于自然氧化作用及空气污染物的侵蚀，会发黄变脆，其表面也会积聚灰尘。为了保证档案的保藏质量，需要定期进行检查，清洁档案上灰尘，对脆化酸化的纸质档案还需要进行修裱加固。此外，纸质档案材料还容易受到昆虫、微生物的危害，发生虫蛀、生霉的现象。这些受损的档案也需要及时抢救修补。

目前，我国档案、图书行业对纸质档案的抢救修复采用传统手工修裱的方法，其采用的修裱工具如上漆修裱板和墙板等存在占用空间太大的问题，一般中小档案室都不具备使用条件。档案除尘工作常借助于人工或吸尘器简单完成，档案上灰尘的散逸会对工作人员的身体健康造成危害。目前档案管理部门对档案的检查、除尘以及修裱工作都是分别进行的，不利于档案的保护与管理。

为了解决上述问题，在档案保护“全程参与”理念和尽量消除档案自身所携带污染物的思路的指导下，国家档案局档案科学技术研究所

研究三室研制开发了一款便携式档案保护工作箱，可将档案除尘、检查及修裱等工作整合在一起完成，而且便于携带不受场地限制，可随时随地开展档案保护工作，提高了工作效率。



图2 便携式档案保护工作箱

3) 档案净化整理台

本课题组的北京融安特智能科技股份有限公司开发了档案净化整理台，是专门为少量档案整理、消毒而设计的档案净化整理台是由整理桌和净化台两部分组成。它是一款集空气净化功能和档案消毒功能于一身的产品。该产品是在传统档案整理工作台基础上，采用耐腐蚀的金属工作台面，融合了负压吸尘的空气净化方式，并加入了对人体、档案无害的纳米光氢消毒技术，大方美观的外形，针对档案收集、整理作业实用性强。该产品 PM2.5 一次净化效率高，去除甲醛、TVOC、苯等多种复杂性气态污染物，同时能够有效地杀灭档案整理工作中的

细菌、病毒等，为档案工作人员及档案资料提供一个健康，无污染的环境。



图 3 档案净化整理台

3. 通风和空气净化技术

通风与室内空气质量密切相关，研究结果表明，通风不足是导致室内空气质量不良的重要原因。室内通风利用建筑与外界环境间的空气交换以稀释和去除污染物，从而改善室内温湿度，加强空气流动等。通风方法分为自然通风和机械通风。自然通风和机械通风都是通过增加新风量从而改善室内空气质量，通风换气可以减少内源性污染物对室内空气质量的影响。

我国大部分档案库房由于无窗的结构特点，可以采用机械通风的方法，利用机械动力和通风管道进行通风换气。由于档案馆地理位置多数处于城市之中，考虑到城市大气污染物浓度较高，而二氧化硫、二氧化氮、臭氧等对珍贵档案存在危害，应在通风的基础上，对引入库房的新风还需采取适当空气净化措施，去除有害气体和颗粒物，并且注意定期维护清洁通风系统，保证其正常有效地运行。

关于空气净化技术的原理和研究进展，调研报告 2 中已详细论述。目前在空气净化实践应用中只有两种技术方法：过滤与静电集尘。这两种技术都非常成熟。在专业的洁净室的工业应用中，过滤技术较为普遍。美国暖通工程师协会（ASHRAE）甚至排斥静电技术的应用。在日常民用空气净化实践中，考虑的主要问题是颗粒物的去除问题。选择不同的过滤器对颗粒物有不同的过滤效果。在小型空气净化器中，低阻 HEPA 过滤器应用比较普遍。据统计，目前国内使用低阻 HEPA 技术的空气净化器品牌已经超过了 80%。

低阻 HEPA 是塑料纤维制成的，不同于洁净室使用的玻璃纤维滤网。低阻 HEPA 的最大可达到 H12 级别的过滤器，阻力仅 20Pa。同样级别的玻璃纤维过滤器可能要达到 200Pa 以上。当然，这是满足民用室内空气净化，针对 PM_{2.5} 浓度达到 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 限值这样的特定要求的。相比低阻 HEPA 过滤网，静电积尘技术不存在空气阻力的问题，这使得该技术在空调产品方面上得以应用，此外，当前我国环境空气污染问题仍不容乐观，大气空气污染浓度大，在高污染状态下，一块 HEPA 过滤网的使用寿命甚至低于半年，面对高昂的滤网更换费用，无耗材的静电集尘型空气净化器也有一定的发展空间。

本课题组根据不同档案库房环境，研究了有针对性的技术解决方案，并通过检测实例进行验证。

1) 中小档案库房空气质量控制解决方案

中小档案库房，可以通过配备档案库房空气净化器和档案库房恒湿净化一体机的方法，改善库房空气质量。

档案库房空气净化器的开发研制

在长期的保存保管过程中，档案载体材料容易受到空气污染物，如 SO_2 、 NO_2 、 O_3 等有害气体的侵蚀，老化分解而不能长久保存，无法流传于世。另一方面，档案库房由于建筑密闭、通风不良的特点，容易积聚多种污染气体，造成空气质量不佳。因而，净化档案库房空气，去除有害气体，改善库房空气质量，可以有效延长档案寿命，是档案预防性保护的重要措施之一。

目前我国中小档案库房还普遍缺乏适宜的空气净化设备，现有的中央空调空气净化系统仅针对颗粒物进行净化，绝大多数没有气体污染物的净化单元。然而气体污染物对档案的危害更甚。现有一些小型商用空气净化器，例如光催化空气净化器、负离子空气净化器、高压静电空气净化器等都有可能产生危害档案的臭氧(O_3)及其它副产物，因而不适用于档案库房的空气净化。因此在预防性保护理念的指导下，在多年检测档案库房空气质量的基础上，国家档案局档案科学技术研究所研究三室研制开发了一种适用于档案库房局部及中小档案库房的空气净化的档案库房空气净化器。

档案库房空气净化器能够去除有害气体及空气中的颗粒物，从而利于档案的长久保存及工作人员的身体健康。档案库房空气净化器包括被动吸附单元和主动净化单元，被动吸附单元主要由多孔活性炭材料构成，可以在无动力或有动力的情况下高效吸附库房中的有害气体，主动净化单元则由风机动力作用下，让空气通过多层净化材料。通过被动吸附单元和主动净化单元的组合更加适用于档案库房污染物种

类多、浓度低的环境特点。而且其灵活的结构特点，特别适用于档案库房边、角以及密集架中间等空气质量需要改善的区域。



图4 档案库房空气净化器

档案库房恒湿净化一体机

本课题组北京融安特智能科技股份有限公司开发的恒湿净化一体机是档案库房、档案馆恒湿净化的最佳方式。恒湿净化一体机完美结合了自然蒸发加湿的纯净、节能和净化机的除尘、除菌、除异味，以及 PM2.5 有效净化、环保冷媒除湿等诸多优势特点，一机三用，除湿加湿净化同步运用，使设备运行更可靠，功能更强大，使用更简单。

系统运行时，通过传感器采集的温湿度、TVOC、PM2.5、CO₂，自动进行对比分析，如出现库房湿度超出设定范围，将自动驱动恒湿净化一体机运行，实现库房内恒湿自动运行功能，满足档案库房恒湿要求。当温湿度、TVOC、PM2.5、CO₂ 等参数发生变化时，根据

系统参数设置，界面上会通过不同颜色图形和文字来提示当前空气质量或者温湿度数据状态。

恒湿净化一体机采用高压静电吸附除尘技术，PM_{2.5}一次通过净化效率高达92%以上。在限定的使用条件下，灭菌效率可达到无菌室要求标准，符合档案局馆等地的灭菌要求。通过不可逆的化学吸附作用，采用高效的化学滤料，净化有害有毒气体，对甲醛、苯系物、氨等尤为有效。持续产生负离子，保持室内的空气处于健康状态。

恒湿净化一体机集成了TDS水质传感器，能够准确检测水箱内的水质情况；实时监测当前水箱水质情况，进行水箱清洗提醒等。

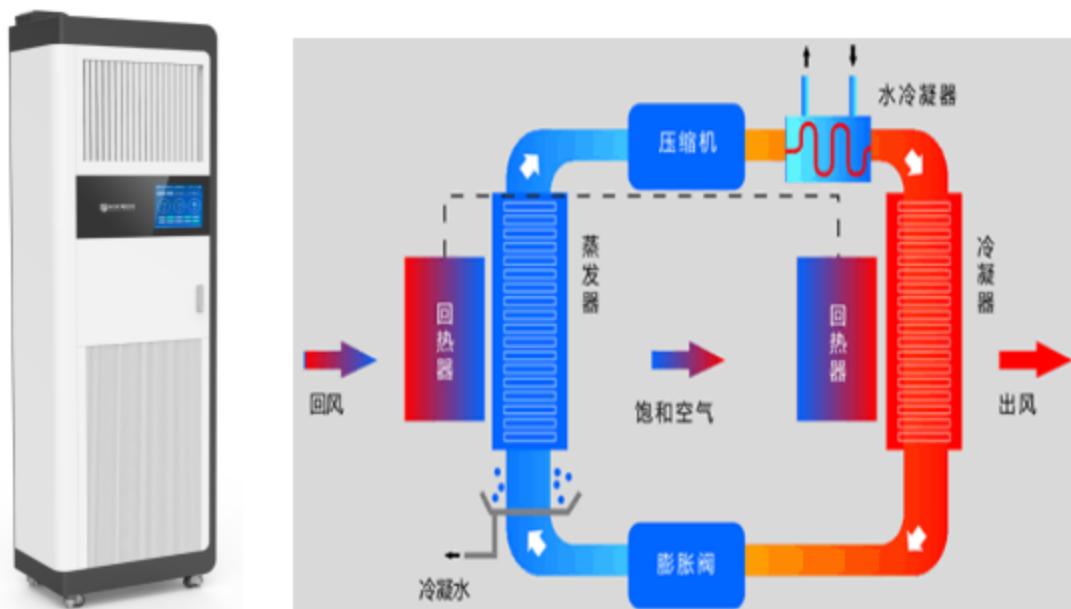


图5 恒湿净化一体机除湿原理示意图

2) 大型档案库房空气质量控制解决方案

大型档案库房一般属于专业档案馆，由于库房面积大，保存档案载体材料多，其库房空气质量要求高，需要通过HVAC系统和温湿度控制协调管理来实现。

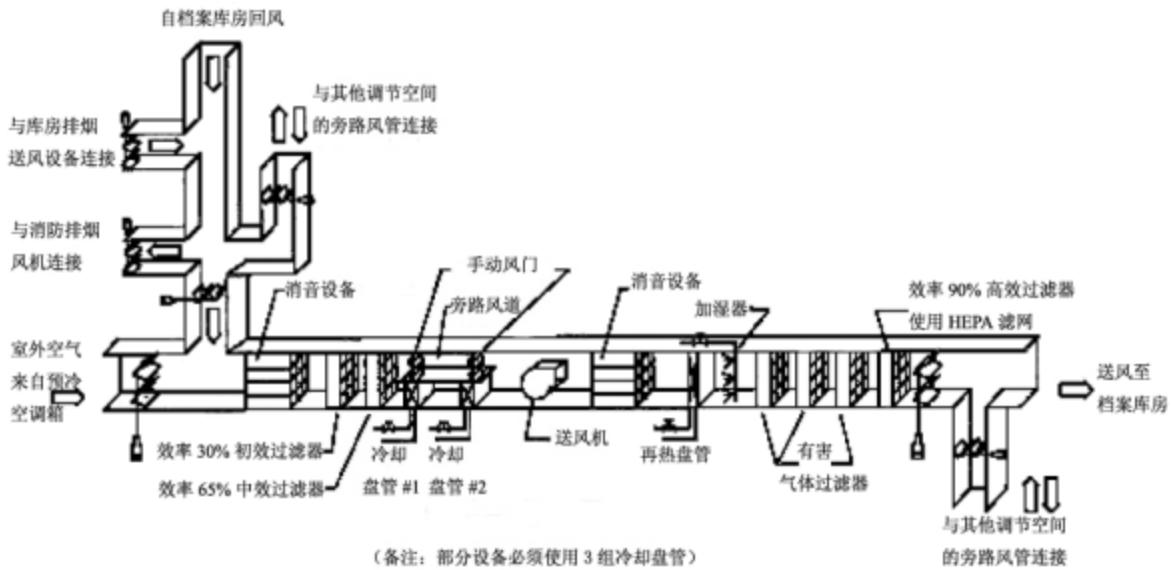


图 6 大型档案库房 HVAC 系统结构图

本课题组通过研究设计了大型档案库房 HVAC 系统结构图。首先粗效过滤器处于空气净化单元的前端，起预过滤的作用，按照当地空气污染状况，3-6月进行清理更换，在粗、中效过滤器之后，可以设置有害气体吸附过滤单元，即活性炭或活性氧化铝过滤箱，最后设置亚高效或高效空气过滤器（HEPA），做最后的空气净化处理。

大型档案馆库房 HVAC 系统采用机械过滤和吸附净化相结合的方式，见图。其完整的空气处理过程为：自档案库房的回风混合一定比例的室外新鲜空气（满足最低新风量要求），经过消音装置后，通过初效、中效空气过滤器，去除大部分颗粒物，实现预过滤目的，通过这一步可以去除掉空气中大部分的颗粒物，然后再经过两组冷却盘管做除湿、冷却降温后，除去空气中多余的水分，穿越旁路风道的未冷却的空气混合，由送风机提高流速与动、静压力后，再经消音装

置降低噪声，送至加热盘管进行再热升温，以及搭配出风条件，进行适当加湿处理后，进入有害气体过滤装置，对各种有害气体进行吸附过滤，之后再通过高效空气过滤器（含有 HEPA 滤网）做最后颗粒物过滤去除，然后经风门调整适当供风量后送至档案库房。其中有害气体过滤装置不使用难以维护保养的滤床型，而采用活性炭褶状式滤网，使用寿命约为 2~3 年，并且档案库房内设有温度、湿度、空气污染物监测仪器，当库房内发现异常时，将警报通知维护人员进行维修或切换备用设备使用，以维持档案库房正常环境条件与空气质量。

上述大型档案库房 HVAC 系统的小型化处理即为新风系统，可以以为对库房空气质量要求较高的中小档案库房使用。

4. 档案库房净化实例研究

1) 某大型档案库房 HVAC 系统净化效果

首先本课题组以某大型档案库房安装 HVAC 系统前后的库房空气质量检测结果（2016 年 6-8 月）进行对比，大型档案库房包括 1 号楼和 2 号楼，其中 1 号楼已数年前安装过 HVAC 系统，2 号楼正准备安装新的 HVAC 系统。

表 1 2016 年 6 月 23 日 2 号楼库房空气检测结果

地点 项目	2 号楼			
	105	205	302	402
甲醛 (ppm)	0.30 0.52		0.09	0.10
PM2.5 (ug/m3)	220	260	189	177
0.5um (CNT)	482751	556480	465110	442960
5 um(CNT)	575	707	633	534

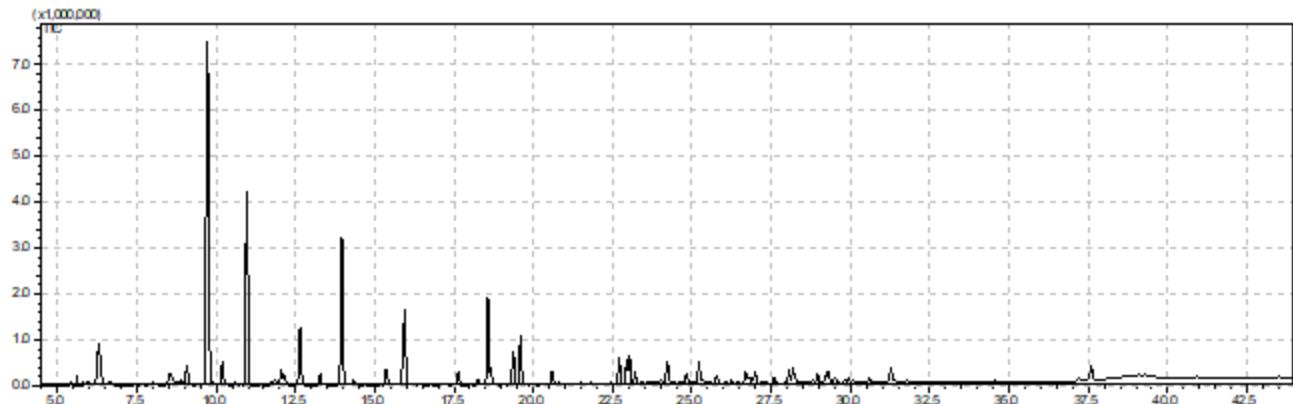
表2 2016年8月30日1号和2号楼库房空气检测结果

地点 项目	2号楼				1号楼(对照)	
	105	205	302	402	113	230
温度 (°C)	19.4	20.6	22.2	20.6	17.9	18.9
相对湿度 (%)	50.8	47.6	43.7	47.0	54.7	47.7
甲醛 (ppm)	0.06 0.07	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
PM _{2.5} (ug/m ³)	2.7	4.5	4.0	5.0	1.1	2.4
0.5um (CNT)	19548	48874	31300	40477	9292	27031
5 um(CNT)	1009	2263	815	2332	359	1834

(注: 5um 粗粒子和库房内部情况有关, 例如灰尘, 施工等, 在保持静态的情况下测量值较低)

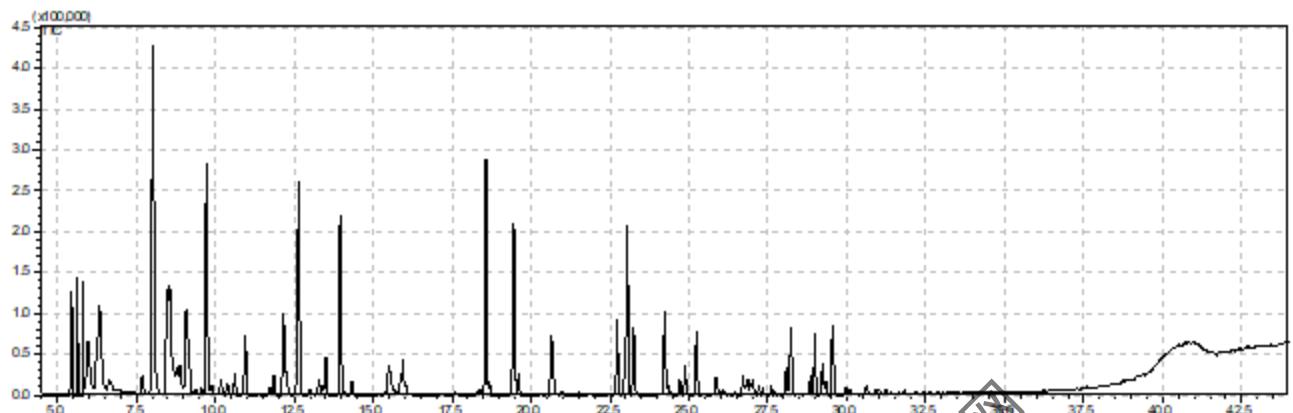
库房空气中挥发性有机物(VOCs)分析:

2号楼 105 (6月检测)



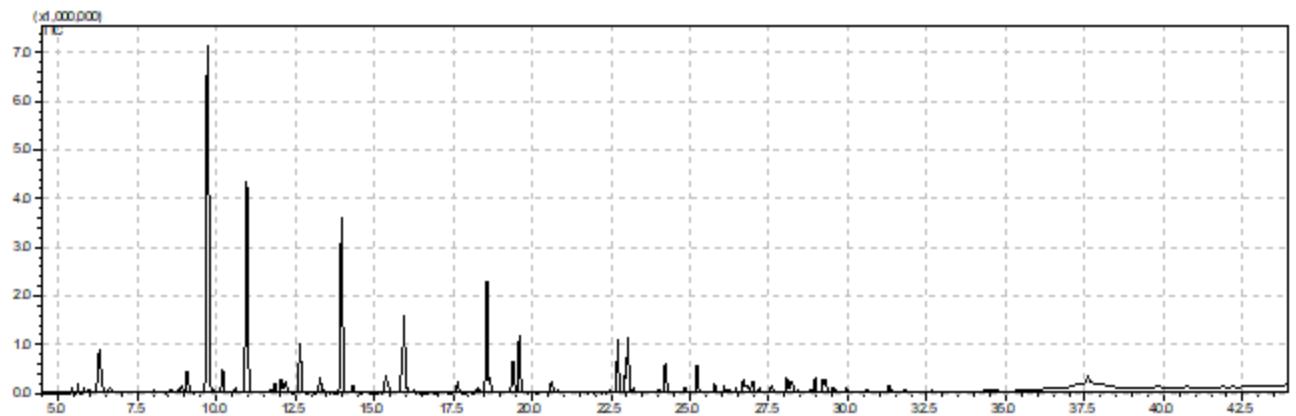
最高峰化合物为二氯甲烷, TIC 7.5X10⁶

105 (8月检测)



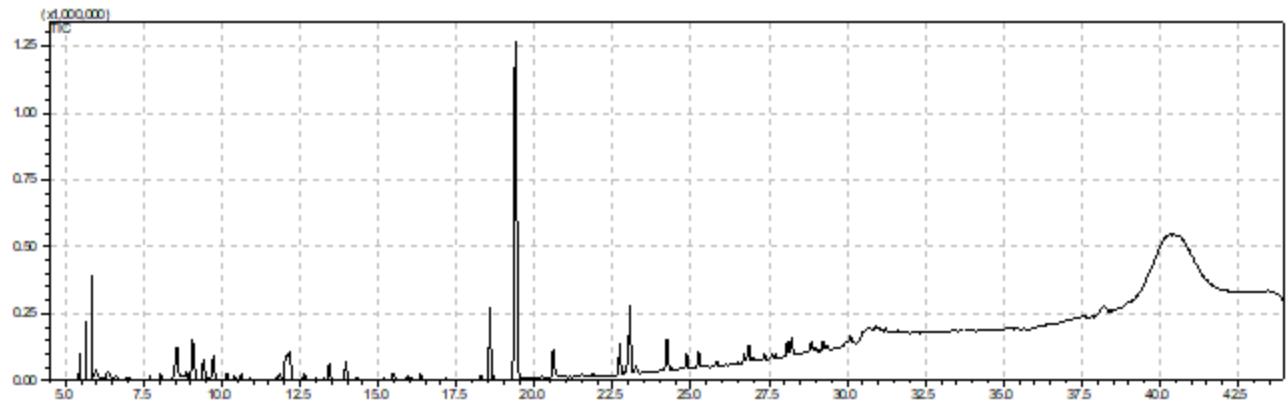
最高峰化合物为氟利昂 (1氟3氯甲烷), TIC 4.3X10⁵

205 (6月)



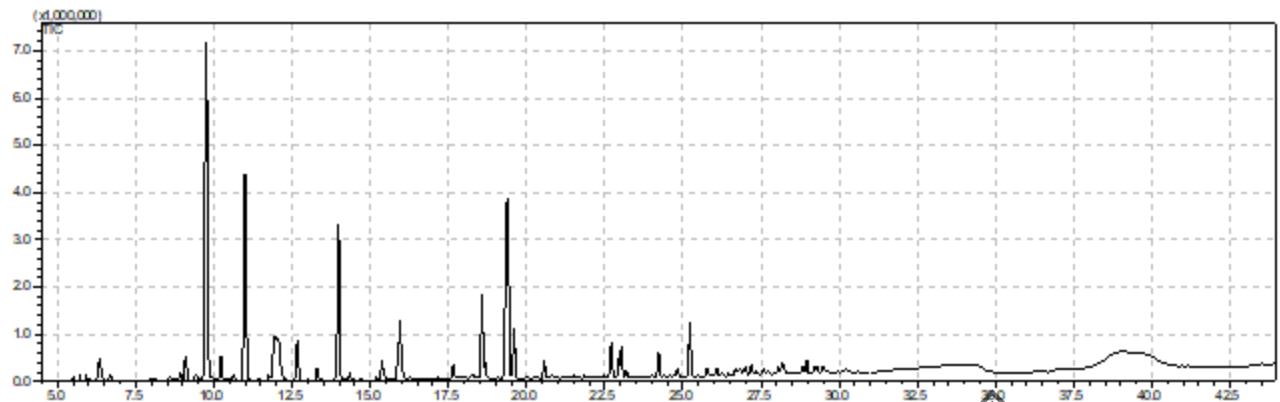
和 105 类似，其他 302,402 也类似。

205 (8月)

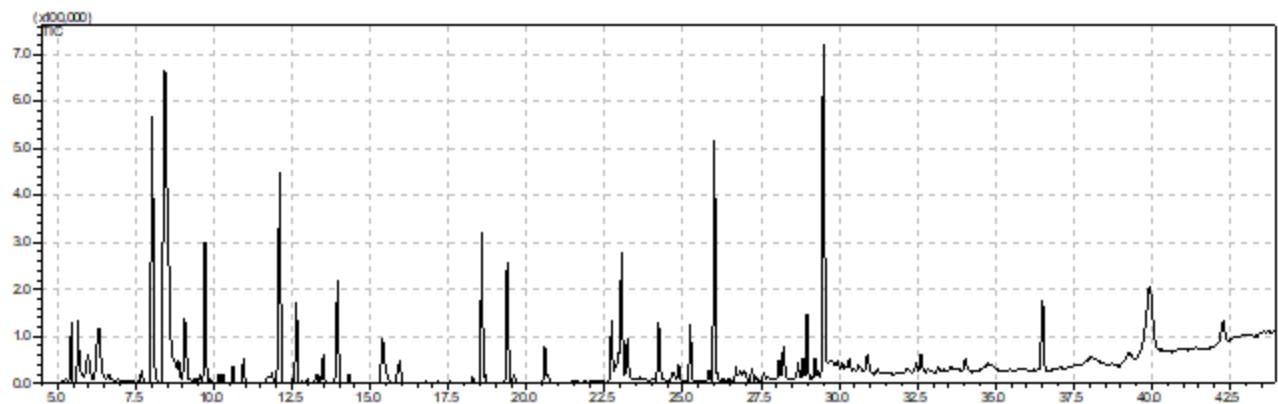


最高峰为色谱柱流失。

302 (6月)

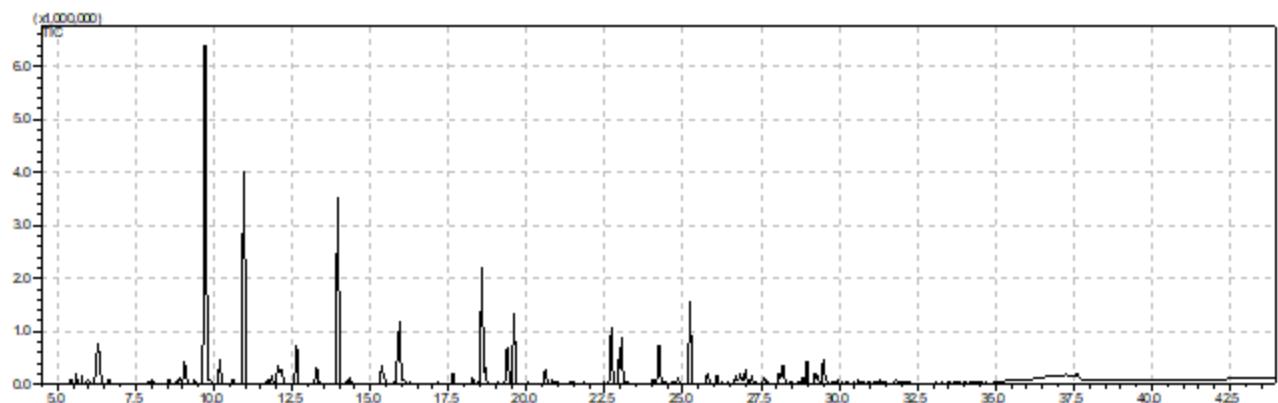


302 (8月)

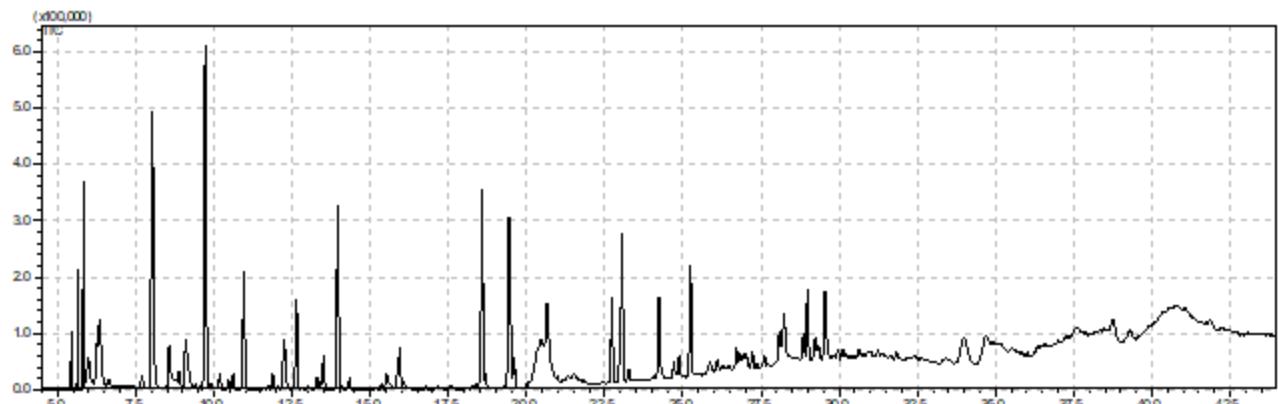


最高峰为 2-莰酮（天然樟脑），TIC 7.2×10^5

402 (6月)



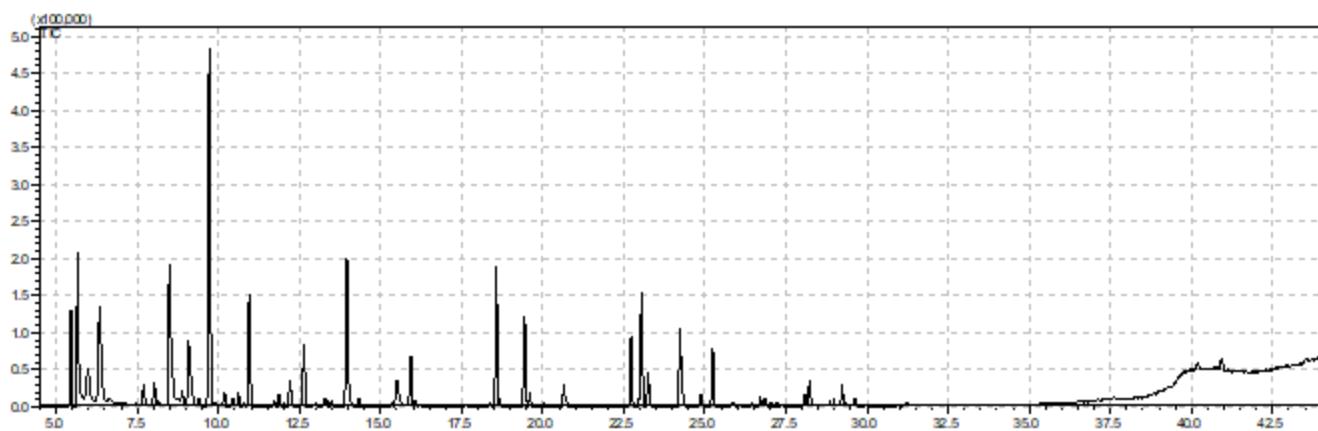
402 (8月)



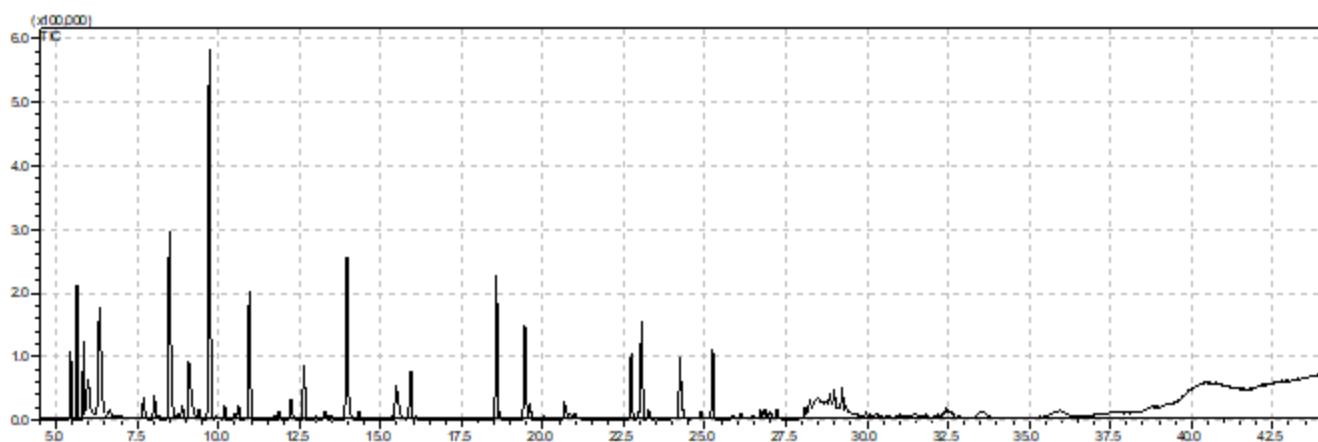
最高峰化合物为二氯甲烷，TIC 6.0×10^5

一号楼 113 (8月)

国家档案局官网
www.saac.gov.cn



230(8月)



检测结果表明：1号楼两个库房情况类似，谱图相近，最高峰化合物为二氯甲烷，怀疑为制冷剂泄漏；2号楼安装新的HVAC系统后，对颗粒物和VOCs的净化效果明显，对比2号楼前后检测结果可以发现空调系统对细粒子和挥发性有机物的净化效率均大于90%，而且新安装的空调效果接近1号楼的效果磨合期过后，效果会更好。

2) 北京朝阳区某档案馆4层展厅新风系统净化效果实例

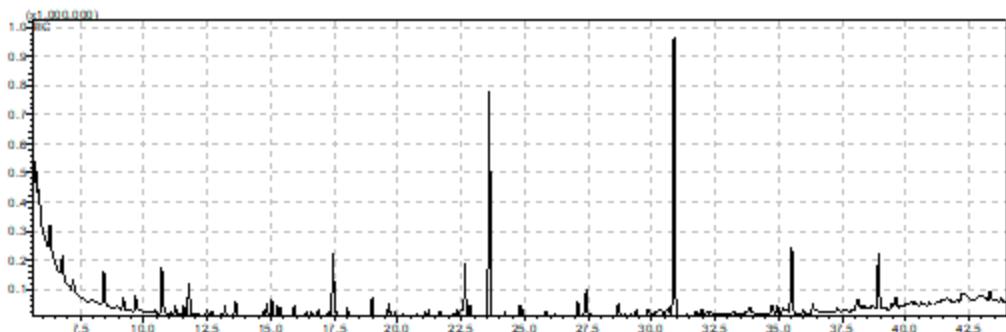
简介：该档案库房是在2017年5月24日开始施工改建，2017年6月19日改建完成。该库房面积200m²，库房内墙摆设档案展陈柜，6台新风换气机装置在库房顶部，库房内部比较空旷；使用

设备：6台型号为航净500D净化型新风换气机；周边介绍：该项目单位是一个档案馆，位于市中心政府机关，人口较为密集，南门靠着交通主要。

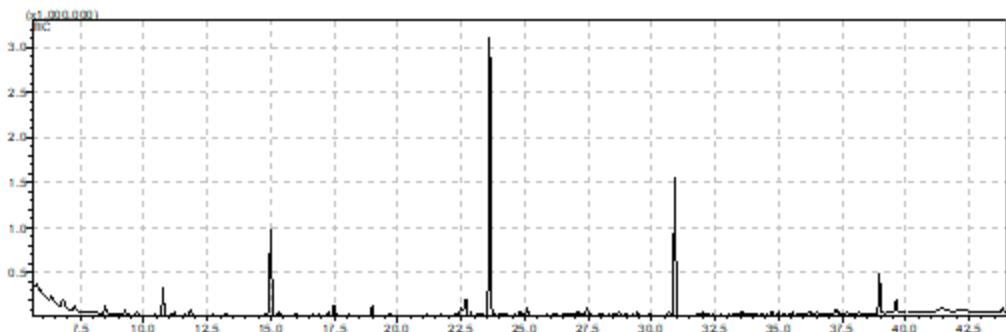
表3 北京市朝阳区档案馆库房新风系统净化效果（2017.12.13）

检测项目	开启前	开启4h后	净化效果
温度 °C	17	14.7	新风系统没有温湿度控制功能
相对湿度 RH%	18.4	16.9	温湿度和室外大气条件很接近
PM2.5 ug/m³	26.58	1.80	净化效率 93.2%
0.5 CNT	55645	12464	净化效率 77.6%
5 CNT	496	282	净化效率 43.1%

库房挥发性有机物（VOCs）开启前谱图：



开启后谱图



检测结果表明：新风系统的颗粒物净化效果可达到90%以上。VOCs净化效果不太明显，主要因为库房浓度不高和室外空气本底浓度接近。新风系统没有处理温湿度的功能，展厅温湿度和室外大气相接近。

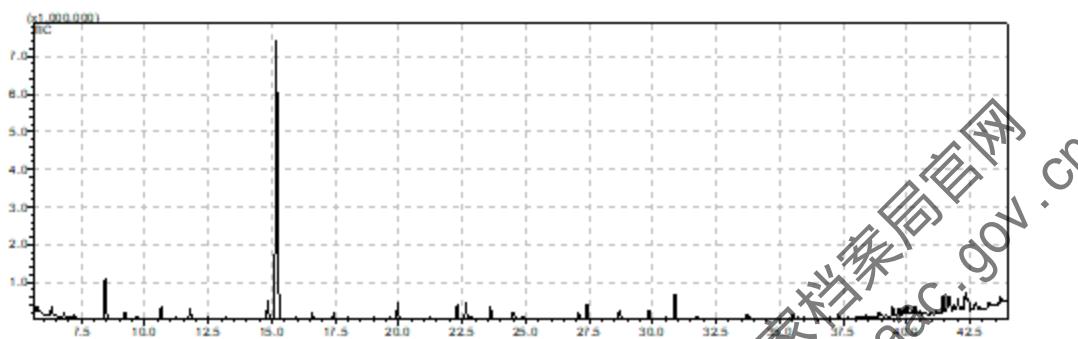
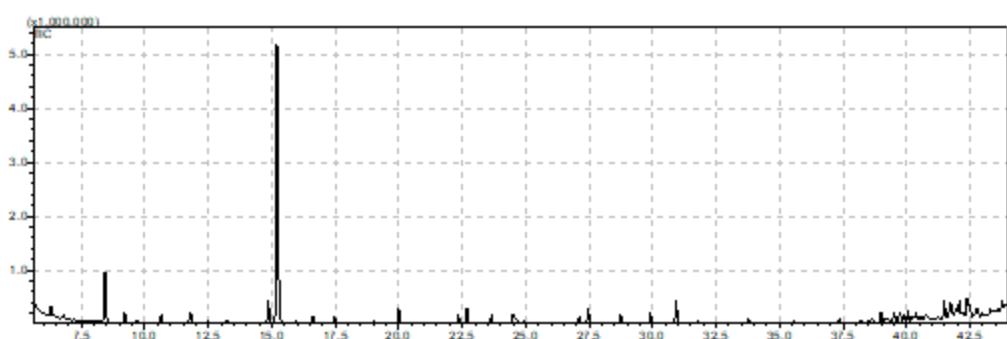
3) 北京信息职业技术学院新建档案室恒湿净化一体机效果

库房简介：北京市朝阳区芳园西路 5 号，北京信息职业技术学院，6 号楼 2 层档案馆该档案库房是在 2017 年 8 月 20 日开始施工改建，2017 年 11 月 1 日改建完成。该库房面积为 300 m²，库房内南北 2 侧装有智能密集架设备，分别在东南角，西北角和中间放置恒湿净化一体机设备。型号为 RHXJ-C120-A 恒湿净化一体机。

周边介绍：该项目单位是一所学校，北面靠着交通主要，南面是居民社区。

表 4 北京职业技术学院新建档案室恒湿净化一体机效果（2017. 12. 14）

检测项目	开启前	开启 4h 后	备注
温度 °C	19.8	17.3	温度变化不大
相对湿度 RH%	15.8	48.6	水箱有加湿作用
PM2.5 ug/m ³	16.32	10.69	净化效率 34.9%
0.5 μm CNT	54637	31147	净化效率 43.0%
5 μm CNT	195	80	净化效率 59.0%



检测结果表明：对于新建档案库房，恒湿净化一体机，具有相对湿度控制功能，因为检测当日室外空气良好，PM_{2.5} 浓度非常低 (<20 μ g/m³)，净化效果不明显；VOCs 净化效果也不明显，主要化合物为 2-丁酮，浓度还稍有增加，可能是因为新装修的环境，由于循环风量增加导致了 VOCs 的挥发。净化机工作的过程中，也有可能通过空气流动扩散会增加某些污染物，或者因为某些新的净化设备材料也会释放 VOCs 的原因。

4) 廊坊市国土资源局档案室

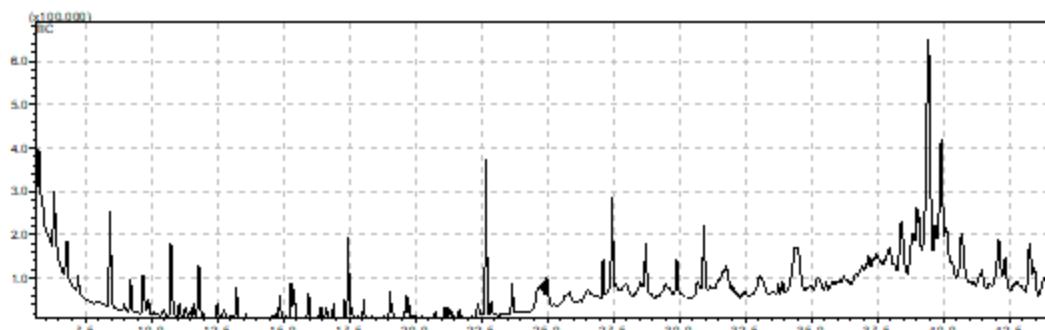
库房简介：廊坊市新世纪步行街第二大街 B-15 号，廊坊市国土资源局，1 层档案库房；该档案库房是在 2017 年 9 月 19 日开始施工改建，2017 年 11 月 3 日改建完成。该库房面积为 200 m²，库房内南北 2 侧装有智能密集架设备，在中间过道放置 2 台恒湿净化一体机设备，东门是内部办公通道的玻璃门，档案工作人员经常进出，进行档案整理工作。2 台型号为 RHXJ-C120-A 恒湿净化一体机

周边介绍：该项目单位是一栋行政大楼内部 1 层。

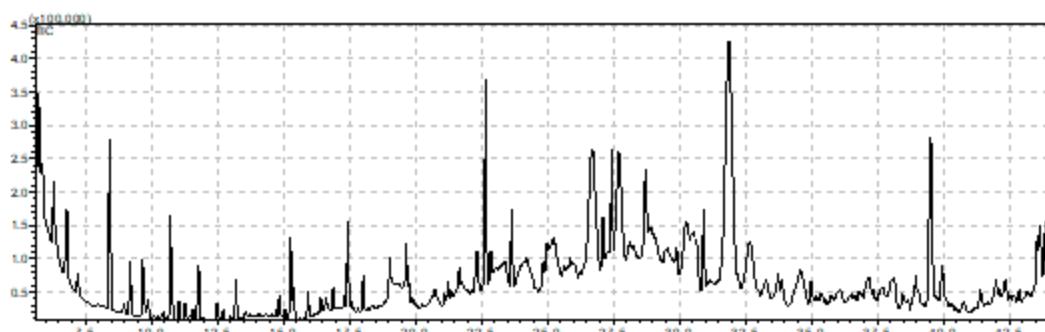
表 5 廊坊市国土资源局档案室恒湿净化一体机效果 (2017.12.26)

检测项目	开启前	开启 4h 后	备注
温度 °C	22.3	21.7	与库房密闭性有关
相对湿度 RH%	18.2	15.2	水箱没加水
PM _{2.5} ug/m ³	38.92	13.78	净化效率 64.6%
0.5 CNT	106381	53361	净化效率 49.8%
5 CNT	71	55	净化效率 22.5%

开启前 VOCs 谱图：



开启后谱图：



检测结果表明：PM_{2.5}的净化效率为 64.6%，开启前检出浓度最高化合物为萘，其净化效率 56.9%，其他化合物净化效果不明显。

5.净化装置和新风系统对库房空气中微生物含量的影响

采用安德森采样器采样 5min.培养箱恒温 28℃培养 6 天，观察档案库房开启新风和净化装置对库房空气微生物含量的影响。

1) 朝阳区某档案馆四层展厅 新风系统

编号	开机前						开机 4hr 后					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
菌落数	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
菌落总数						0	28 cfu/m ³					
						0 cfu/m ³						

2) 北京信息职业技术学院 一体机净化

编 号	开机前						开机 3hr 后					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
菌落数	3	2	2	1	35	12	6	2	5	0	5	2
菌落总数	55						20					
	389 cfu/m ³						141 cfu/m ³					

3) 廊坊市国土资源局

循环风 净化、负离子、循环

编 号	开机前						开机 3hr 后					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
菌落数	6	11	4	4	29	8	1	4	2	3	36	6
菌落总数	62						52					
	438 cfu/m ³						368 cfu/m ³					

上表可以看出，开启新风系统，由于受室外环境影响以及新风系统造成室内空气流动性增强，造成库内空气微生物含量增加。同时开启新风和净化装置，能够使空气中微生物含量降低。