

图书馆的室内空气质量与监测

田周玲

20 世纪 70 年代以来，室内环境污染日益严重，引起了学术界同仁的广泛关注。美国专家研究表明，室内空气中可检出 500 多种挥发性有机物，其中 20 多种是致癌物，室内空气的污染程度要比室外严重 2~5 倍，在特殊情况下可达到 100 倍。美国已将室内污染归为危害公共健康的 5 大环境因素之一。

然而，图书馆这个特殊公共场所内的环境污染问题却没有引起有关部门的足够重视。特别是 90 年代中期以后，新建图书馆通常采用密闭空调设计，这种建筑因为密闭性好，长期使用中央空调，具有保持室内恒温恒湿的优点。但是，这种密闭环境也会因为通风系统性能欠佳造成室内严重空气污染。现实生活中发现，长期在密闭空调环境中工作学习的人群普遍反应头昏、疲倦、失眠、易感冒、肌肉酸痛等。有研究证据表明，长期在密闭空调环境中工作学习可导致机体免疫球蛋白水平下降和 T 淋巴细胞亚群比例失调，人体的体液免疫和细胞免疫功能降低，从而易受细菌、病毒感染，出现感冒等临床症状。

图书馆的室内空气污染也是馆藏的重要危害之一，文献的保存环境直接影响文献的寿命。纸张吸收空气中的有害气体，引起纸张的酸化、染料颜料的褪色、纸张的老化等问题，严重缩短了纸张的寿命。减少室内空气污染，改善图书馆空气质量，对于延长纸张寿命，更好地保护图书具有非常重要的意义。

一、图书馆内空气污染的主要来源

1. 物理污染

物理污染主要指灰尘。图书馆内的空调系统长期缺乏维护、清洗、保养，在运行的过程中，会把附着在管道中的灰尘及室外的灰尘等携入图书馆内。图书馆的书库内缺乏经常性的打扫，书籍疏于翻动，书库内的灰尘很容易吸附在书籍上。书籍上的灰尘，加上书籍的密度太高，使书库更加难以彻底清洁。图书馆书库内大量的浮尘很容易成为细菌、霉菌的滋生场所，从而对图书造成严重的危害。

2. 化学污染

图书馆内危害图书的化学污染物种类繁多，对书籍的影响很大。化学污染物主要包括书刊的挥发物、化学药物和其它污染。

我们进入藏书量大，不经常翻动的书库，经常会闻到一种书刊特有的气味，如纸质气味、油墨铅味和霉汗味等。通常，不论规模多大的书库，都会有部分滞呆书刊，这部分书随保存时间的增长，书中挥发物逐渐增多，且越是不经常翻动，取书时的挥发物就越多，造成室内空气污染。

不少图书馆为了防虫和消除库内异味，经常或定期需要喷洒一些除虫剂和室内空气清新剂。打扫卫生，特别是厕所时经常使用强效的消毒剂。若喷洒的化学物质的种类、浓度和喷洒量掌握不准，都会造成图书馆内化学物质沉积，不仅会影响人体健康，而且严重地危害着图书。如果这些药物与图书馆室内的其它挥发物发生化学反应，其危害还更严重。上述这些除了人为因素(保洁不及时和方法不当)，还与书库强调密闭，又达不到理想的密闭程度和忽视通风换气等因素有关。

另外，在图书馆内使用复印机、传真机等现代办公设备散发出的挥发性有害气体，电梯运作过程产生污染的影响，机房、电视机、电脑等电器所产生的放射、辐射及泄漏的其他有害物质，室内装修材料和办

公家具散发的甲醛、油漆、氨、沥青、涂料等有毒有害气体和石棉板材放射性等，都是图书馆的重要危害。

3. 生物污染

生物污染主要指读者从外界带入的细菌、病毒及图书馆内因管理、清洁不当而滋生的细菌、病毒。目前尚无消灭细菌、病菌非常简单、有效、无副作用的方法，因此，对于病菌、霉菌主要还是应该以防为主。

二、图书馆内空气污染的主要有害气体

图书馆内的有害气体有无机污染物，也有有机污染物。无机污染物主要有：臭氧、二氧化硫、氮氧化物等。有机污染物包括多环芳烃、总挥发性有机化合物和醛类化合物。

臭氧 (O_3) 是一种具特殊腥臭味的浅蓝色气体。1840 年由 Schonbein 首先发现，并用希腊文命名为 Ozein(意即臭)。后确定其分子式为 O_3 ，三个氧原子呈等腰三角形，共轭四个电子形成一个离域大 π 键。臭氧的氧化性介于原子氧和分子氧之间，是已知的最强的氧化剂之一，在酸性介质中的标准电极电位为 2.07V。臭氧不稳定，在常温下就能分解生成氧，在加热或有紫外线照射时，分解加速。臭氧的化学活性很高，几乎能毁坏所有的有机化合物。它不但对纸张具有较强的侵蚀作用，同时能够影响氮氧化物的浓度。臭氧破坏纸张纤维的机理可能是与水反应生成过氧化氢的缘故。

二氧化硫 (SO_2) 是大气中分布很广、危害性相当大的一种酸性气体，常用它的含量作为评价大气污染的主要指标，具有辛辣及窒息性气味。二氧化硫为中等毒类，易被粘膜的润滑表面吸收而生产亚硫酸，一部分进而氧化为硫酸。其对人体的影响主要是刺激上呼吸道，附在细微颗粒上也可以影响下呼吸道，大量吸入可引起肺水肿、声带痉挛面而至窒息。图书馆内二氧化硫的存在严重危害着图书馆的馆藏。二氧化硫本身是一种弱酸，在空气中很容易与氧发生反应生成三氧化硫 (SO_3)， SO_3 与水结合生成硫酸，硫酸是一种强酸。纸张通过直接吸附 SO_3 或硫酸，增大了纸的含酸量，从而为纸张中纤维素的水解提供了催化剂。早在 1930 年，人们就认识到二氧化硫对纸张有损害作用。纸张吸附二氧化硫后，其酸度随之增高。书籍纸张边缘的酸度值最高，最易发黄变脆。研究证明，纸对空气中的硫化物的吸附作用是增大纸张含酸量的主要途径之一，是纸张产生老化的根本原因。一般在 $2 \times 10^{-6} \sim 9 \times 10^{-6} \text{mol/L}$ 的 SO_2 气体中存放 240h 的纸，其强度降低到原来的 40%，纸的耐折度等质量指标也有明显下降。

氮氧化物种类繁多，除一氧化氮 (NO)、二氧化氮 (NO_2) 外，还有一氧化二氮 (N_2O)、五氧化二氮 (N_2O_5)、氨气 (NH_3) 以及它们通过各种大气反映而生成的硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐和过氧己辛基硝酸酯 (PAN)。在室内空气污染中主要是二氧化氮。二氧化氮是一种酸性氧化物，属缓和的氧化剂，是纸张纤维氧化的重要危害物质。二氧化氮含量的高低直接影响纸张的保存寿命。那些在含氧大气中不易起影响的物质，而在含二氧化氮气体环境中却产生氧化作用。结果造成聚合物例如纤维素的破坏和着色剂的褪色。

甲醛是一种挥发性的有机化合物，常温下为无色，有辛辣刺激性气味的气体，略重于空气，易溶于水，其 35%~40% 的水溶液常称作福尔马林。甲醛是公认的潜在致癌物。它对人体皮肤和粘膜有强烈的刺激，使细胞蛋白质凝固变性，最终造成免疫功能异常，损伤肝、肺及神经中枢系统。

总挥发性有机物 (Total Volatile organic Compound, TVOC) 是空气中三种有机污染物中影响较为严重的一种。VOC 是指室温下饱和蒸汽压超过了 133.32pa 的有机物，其沸点在 50°C 至 250°C ，在常温下可以蒸发的形式存在于空气中，它的毒性、刺激性、致癌性和特殊的气味性，会影响皮肤和黏膜，对人体产生

急性损害。VOC 的主要成分有：烃类、卤代烃、氧烃和氮烃、苯系物、有机氯化物、氟里昂系列、有机酮、胺、醇、醚、酯、酸和石油烃化合物及硫烃、低沸点的多环芳烃类等。挥发性有机物对图书寿命的影响国内还没有专门的研究，但是不容置疑，挥发性有机化合物对图书保护是有害。

三、室内空气质量标准

对与图书馆的室内空气质量标准，国内还没有相关的标准。2002 年 11 月 19 日由国家质量监督检验检疫总局、国家卫生部、国家环境保护总局发布批准发布《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002)。标准中对各种有害气体的最大限量做了规定：

序号	参数	单位	标准值	备注
1	臭氧 (O ₃)	mg/立方米	0.16	1 小时均值
2	二氧化硫 (SO ₂)	mg/立方米	0.50	1 小时均值
3	二氧化氮 (NO ₂)	mg/立方米	0.24	1 小时均值
4	甲醛 (HCHO)	mg/立方米	0.10	1 小时均值
5	总挥发性有机化合物(TVOC)	mg/立方米	0.60	8 小时均值

而在国际标准《information and documentation—document storage requirements for archive and library materials》中对空气中有害气体的量做了规定：

序号	气体类型	最大限量	体积分数 (x 10 ⁹)
1	臭氧 (O ₃)		5-10
2	二氧化硫 (SO ₂)		5-10
3	氮氧化物 (NO _x)		5-10
4	甲醛 (HCHO)		<4

国际标准中有害气体采用的单位为体积分数，折合成 mg/立方米后，臭氧、二氧化硫和甲醛的最大限量分别为 0.011~0.021、0.014~0.028、0.005~0.01mg/每立方米。比国内的标准要高很多。我们期待着国内相关的标准能够早日出台，也希望能与国际标准接轨。

四、室内空气质量的监测方法

虽然对于普通建筑物室内和图书馆内的有害气体的限量数值相差很多，但是在检测方法是相通的。臭氧、二氧化硫、二氧化氮和总挥发性有机化合物的检测方法都有相关的规定。

1. 臭氧的测定方法

臭氧的测定方法多达十几种，大致可归为六大类。第一、分光光度法，主要有碘量法和靛蓝二磺酸钠分光光度法；第二、比色法，包括丁子香酚比色法和试纸比色法；第三、紫外吸收和微分光谱法；第四、化学发光法及荧光法；第五、气相色谱法；第六、电化学分析法。前五类都属化学法，利用臭氧的化学、物理性质进行测定，没有直接光谱法所受的限制，但有较多干扰。其中荧光法测定臭氧反应前后光谱的变化，被认为是最灵敏的方法，多用于环境空气的监测。其中，IDS 分光光度法、紫外分光光度法和化学发

光和荧光法为我国《环境空气质量标准》(GB 3095 1996)中推荐的3种分析方法。对于臭氧的测定,国家出台了相应的标准,一个是《环境空气 臭氧的测定 靛蓝二硫酸钠分光光度法》(GB/T15437),另一个是《环境空气 臭氧的测定 紫外光度法》(GB/T15438)。

2. 二氧化硫检测仪器

二氧化硫检测仪器类型很多。有用火焰光度法测定硫含量,再加上色谱柱,并配上合适的选择性过滤器。这种仪器最大的优点是选择性好,检出限量可达 $0.014\text{mg}/\text{m}^3$ 。缺点是用氢气源,需要增加安全措施。根据电导和库仑滴定原理制成的二氧化硫测定仪器已被广泛使用。这良种类型的电化学仪器,结构简单,使用方便,但是在抗干扰方面不及火焰光度法。紫外-荧光法二氧化硫检测一起虽然结构复杂,价格昂贵,但是,灵敏度高,选择性强,它已取代库仑法和电导法等湿式化学检测仪器,成为使用最为广泛的二氧化硫检测仪器。现已出台了相关国家标准《环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法》(GB/T15262)。

3. 二氧化氮

常用的检测仪器有两种类型:一是采用原电池库仑法,仪器设备简单,但易受空气中常见共存物 SO_2 , H_2 , SO_3 , Cl_2 等的干扰。使用时必须选用前置过滤器去干扰组分;二是应用化学发光原理制成的二氧化氮分析仪器。这种分析仪器具有反应速度快,灵敏度高,最小检出量为每立方米几微克(mg/m^3),稳定性能及选择性都很好,已被很多国家作为标准方法。在《室内空气质量标准》中规定GB/T12372 居住区大气中二氧化氮检验标准方法 改进的Saltzman法。

4. 甲醛

测定室内和公共场所空气中甲醛的方法很多,如酚试剂比色法、AHMT法、乙酰丙酮法、变色酸法、盐酸副玫瑰苯胺法、气相色谱法和液相色谱法等虽然这些检测方法准确、可靠,但测量时都必须先用一个抽气泵将环境空气吸入吸收管中,再带回实际岩石分析,操作烦琐,测定时间长,不适合现场监测。目前国内普遍使用的电化学甲醛分析仪,可直接在现场测定甲醛浓度,当场显示,操作方便,适用于室内和公共场所空气中甲醛浓度的检测。其中日本产XP-308/型甲醛测定仪在传感器前安装了DNPH过滤网,其作用是吸附现场空气中的乙醛类和丙酮类干扰物质,然后仪器自动调零,自动转换到无DNPH过滤网检测甲醛,并由微电脑显示测定的甲醛浓度。该仪器给出了乙醛干扰气体的输出特性曲线。英国PPM-400型手持式现场甲醛测定仪器还随机配置了甲醛固定晶片组成的甲醛标准气,列出了甲醛标准管温度与甲醛浓度的相对值,为随时校准仪器提供了方便。美国INTERSCAN4160型甲醛测定仪在国内使用广泛,经实验室性能测试和现场验证,与国家标准方法比较,起方法的不确定度 $\leq 25\%$,已作为建设部测定室内空气中甲醛浓度的推荐方法。《室内空气中甲醛浓度的测定方法—电化学传感器法》标准送审稿已经卫生部国家卫生标准委员会环境卫生标准化分委员会审定通过。

5. 总挥发性有机化合物(TVOC)

常用的检验室内空气中总挥发性有机化合物(TVOC)方法是:采用吸附管采样,然后加热解吸或溶剂解吸,用气相色谱或气相色谱/质谱联机分析。在《室内空气质量标准》中规定TVOC采用热解吸/毛细管气相色谱法。

室内有害气体的存在加速了纸张的酸化和氧化。而纸张的酸化、氧化后,聚合度降低,纤维变短,纸

张的机械强度迅速下降。同时纤维的酸化、氧化过程中产生羟基、羰基和羧基等活性官能团，而这些官能团极易发生化学变化，导致纤维进一步酸化、氧化，形成恶性循环，加速纸张的老化。由此可见，有害气体加速了纸张的老化。

然而，对于有害气体的危害，在国内图书馆界还没有引起足够的重视。目前也只有国家图书馆进行了对有害气体的检测，但是对有害气体的控制上国内还是空白。我们期待着这方面的工作能够早日有新的进展。

参考文献

1. 陈元生, 解玉林.博物馆文物保存环境质量标准研究.文物保护与考古科学.152-191: 2002. (14) 12
2. 殷永泉,纪霞,单文坡,李昌梅,马桂霞.分光光度法测定空气中臭氧的问题探讨.实验技术与管理.166-120: 2005 (22) 10
3. 王成辉, 杨碧波.环境空气中二氧化氮的测定及问题研究.环境保护科学.62-64: 2000.5
- 4.周吟剑, 陈先迎.环境污染与图书保护.郴州师范高等转科学学校学报.123-124: 2002 (23) .2
5. 解玉林.上海博物馆书画陈列馆环境监测与治理.文物保护与考古科学.204-217: 2002 (14) 12
- 6.谢振伟, 但德忠.室内空气中苯系物监测技术的研究进展.中国测试技术.127-129: 2002 (31) 5
- 7.张玉霞, 王元忠.高校图书馆室内空气质量现状分析.图书馆工作与研究.81-84: 2004.3
- 8.唐良士.室内空气质量指标综述(1).制冷技术.38-42: 2006.3