

上海博物馆书画陈列馆环境监测与治理

解玉林

(上海博物馆文物保护考古科学实验室 上海 200231)

摘要 为了全面了解上海博物馆书画陈列馆陈列空气环境现状,对它进行了氮氧化物、二氧化硫、臭氧的检测,得出了氮氧化物是主要污染源。为此用氮氧化物自动测定仪、铜银试片法、On guard 2000 对此进行了较长时间的监测,在监测数据分析的基础上确定了治理方案,并已在实施。

关键词 环境监测,氮氧化物,二氧化氮,铜银试片法,On guard 2000

中图分类号 G264 **文献标识码** A

近年来,随着我国经济的飞速发展,基本建设的不断扩大,自然资源的大量开发,交通运输的迅速增加,环境污染呈发展趋势,我国已成为世界上大气污染最严重的国家之一。环境质量恶化使文物受损影响日益明显,呈不断加剧的趋势。纸张酸度增加;颜色染料褪色加快;纸张、纺织品的老化加剧;石刻风化加速;金属腐蚀速度增大等等,这些已对文物的安全构成相当的威胁。国内外文物保护专家已就环境污染对文物的影响形成了共识,因此如何治理现有的文物保存环境是摆在文物工作者面前的一大难题。我国幅员辽阔,文物众多,博物馆分布地区的环境条件相差甚远。自然气象总体是东南沿海地区气候温暖潮湿,西北地区干旱少雨,日温差幅度较大。近年来,经济迅速地发展,治理却滞后。北方城市大气污染是传统的煤烟型污染占主导地位,冬季尤为严重,主要城市的降尘颗粒物亦普遍超过环境标准,南方部分城市则是酸雨问题日趋突出^[1]。博物馆处在这种社会大环境之中,其环境质量现状不容乐观,但对具体的博物馆而言它们所处的特定地理位置和周围环境(污染源距离),博物馆建筑结构,都会直接影响博物馆内的环境质量,因此首先应进行博物馆内环境质量的实地检测。

上海地处东南沿海,气候温暖潮湿,上海博物馆新馆位于市中心,地处二条高架道路的交汇处,又紧临繁华的西藏路和南京路,它的四周是几十条公交线路的起点站和中转站,交通十分繁忙。上海环境监测中心 1997 年在本市设了 65 个点,采用 NO₂ 被动扩散管采样法,进行了持续 13 个月的连续监测,得出上海环境空气中 NO₂ 浓度时空分布特征,及污染的重点区域^[2]。我们选择了博物馆四周点位数据列于表 1。

表1 上海市市中心(博物馆四周)点位的环境空气 NO₂ 的年均浓度Table 1 Annual average concentration(NO₂) of urban around Shanghai Museum

编号	点位	NO ₂ 年均浓度/ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	编号	点位	NO ₂ 年均浓度/ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
26	西藏路北京路	93.8	55	瑞金路淮海路	82.0
27	十六铺中山东一路	93.4	24	滇池路	80.8
41	淮海中路常熟路口	81.4	25	人民公园	60.8
49	江苏路延安路口	84.5	54	静安公园	53.1

上海的 NO₂ 浓度空间分布特征,有由市中心区域向外围区域逐渐降低的趋势。从博物馆四周的点位的 NO₂ 年平均值已达到 78.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

上海的 NO₂ 浓度时间序列分布,呈秋冬季明显高于春夏季的特征,7-8月的月均浓度低,尤以7月为最低,10-11月的月均浓度高,尤以11月份为最高。从气象资料分析,11月底出现“逆温”的天数较多,下层空气的温度低于上层空气,使污染物不易扩散,导致低空积聚。1997年11月获得的 NO₂ 数据中,有48%点位的月均浓度超过国家环境空气质量3级标准。

上海博物馆所处的外环境是这样,而且新建博物馆时在中央空调系统内没安装空气净化装置,不知周围的环境对我们博物馆环境空气质量到底影响如何,为此我们在书画陈列室、画廊内对三种主要危害文物的污染气体进行了实地检测。

1998年6月上海环境监测中心为我馆书画陈列的环境进行测定。二氧化硫采用二氧化硫荧光分析仪,测定精度可达 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;氮氧化物采用氮氧化物化学发光法测定仪,该分析仪器具有反应速度快,灵敏度高,最小检出量为 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,能分别检出 NO_x、NO、NO₂ 的含量,稳定性和选择性都很好;臭氧采用臭氧化学发光法测定仪,测定精度可达 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。测定结果见表2。

表2 上海博物馆书画陈列环境测定结果

Table 2 Determine result of painting and calligraphy exhibition environment in Shanghai Museum ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

日期	绘画陈列馆			绘画陈列橱			上海环境	
	NO _x	SO ₂	O ₃	NO _x	SO ₂	O ₃	NO _x	SO ₂
1998-06-01	84	10	9	24	9	4	79	23
1998-06-02	77	9	14	9	10	4	71	34
1998-06-03	112	8	19	13	10	7	11	6
1998-06-04	171	9	14	35	11	4	163	96
1998-06-05	165	11	14	58	10	3	125	78
1998-06-06	176	13	15	74	10	2	86	44
日平均浓度	131	10	14	36	10	4	89	47
日均最大值	176	13	19	74	11	7	163	96
小时最大值	285	17	45	154	13	19		

从表 2 可看出上海博物馆室内污染气体中 NO_x 的污染较为严重,室内日平均浓度均大于上海环境日平均浓度。氮氧化物日每小时平均最大值为 $154 - 285 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。二氧化硫、臭氧平均分别为 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $4 - 14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。测定结果与上海空气的大环境完全相符。由于上海近年来工业布局的调整,产业结构的优化,燃气化程度的提高,使上海的大气污染类型发生显著的变化,二氧化硫已不是最主要的污染物,而随着全市机动车保有量的逐年增加,机动车尾气排放造成的空气环境污染已成主导污染,上海博物馆又处于市中心的交通要塞,故氮氧化物污染物问题最为严重。

1998 年 12 月美国普滤公司 (Purafil Inc.) 为我们进行了腐蚀分级试片测试。美国普滤公司 (Purafil Inc.) 在检测气体污染物方面有较精深的研究,它们设计的铜、银挂片挂置在所测区域,能对所测区域的总体污染程度、危害级别进行评估,能指明污染气体的类型(二氧化硫、二氧化氮、硫化氢、氯化物)和浓度范围,通过污染数据的累积曲线推断其腐蚀性的潜能。我们将该二组挂片分别置于绘画陈列室与绘画陈列橱内,30 天后寄回美国作电解还原分析。测定结果见图 1。

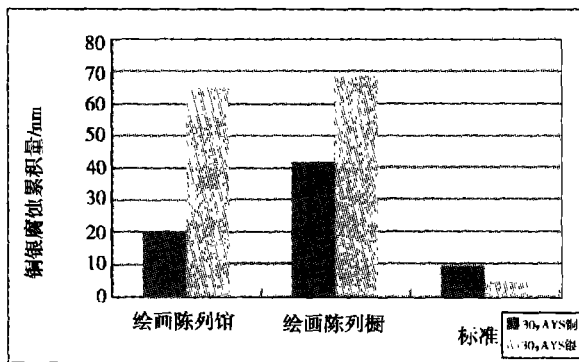


图 1 Purafil 铜、银挂片腐蚀率测定

Fig.1 Copper and silver corrosion data

从图 1 测定结果看,我馆的环境质量更是不容乐观,因按普滤公司洁净、污染空气分级标准,根据银的腐蚀速率,空气质量已达到 S5 级为空气品质污染的级别。从试片的分析结果推测,活性硫的浓度约在 $3 - 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 的范围,而硫氧化物的浓度则在 $10 - 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间。鉴于二次不同方法测定结果,知道环境空气污染在我馆不能等闲视之,尤其是氮氧化物污染气体。

1 书画陈列馆的环境监测

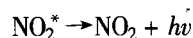
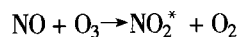
环境监测是实现环境控制的关键,一方面,环境监测应提供短期的气态污染物的数据,指导污染物控制方法的应用;另一方面,它还应对长期的空气品质趋势做出可靠的评价,以研究出污染气体和可能造成的损害之间的因果关系。因为被保护环境中的气态污染物的浓度都是很低的,而且要求的气态污染物控制水平往往在 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的水平,所以对保护环境的监测技术和检测仪器要求很高。

1.1 直接气体监测

直接气体监测技术主动取样方式具有快速反馈的性能,使其成为保护环境空气监测的主流方式。最方便的方法是使用自动检测仪直接在现场采样与分析(二氧化硫荧光分析仪、氮氧

化物化学发光法分析仪、臭氧分析仪),可以得到瞬时的污染气体的浓度,可连续监控、检测、记录,但仪器价格昂贵。根据1998年初测结果,我馆的氮氧化物污染气体问题最大,我们决定先购置二台氮氧化物化学发光法自动测定仪(美国API公司的200ANO_x分析仪),对我馆书画陈列馆进行环境监测。

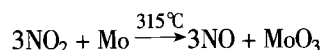
分析原理:该仪器是利用NO与O₃常压下的气相发光反应的光强度来测定NO的浓度,反应式如下:



式中, h 为普朗克常数, ν 为光子振动频率。

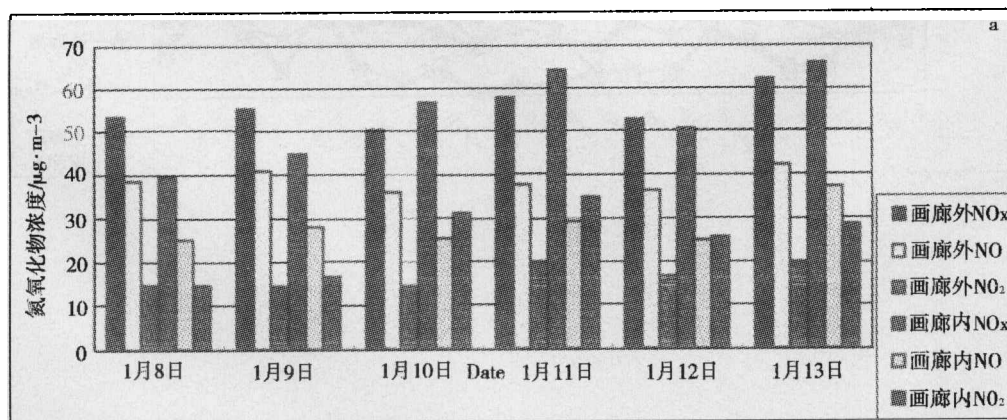
如上式所示,一氧化氮和臭氧发生反应生成激发态的二氧化氮(NO₂^{*}),激发态的二氧化氮(NO₂^{*})分子通过发射光子以释放多余的能量回到低能态,当反应温度一定及臭氧浓度过量时,发光强度与NO的浓度成正比。

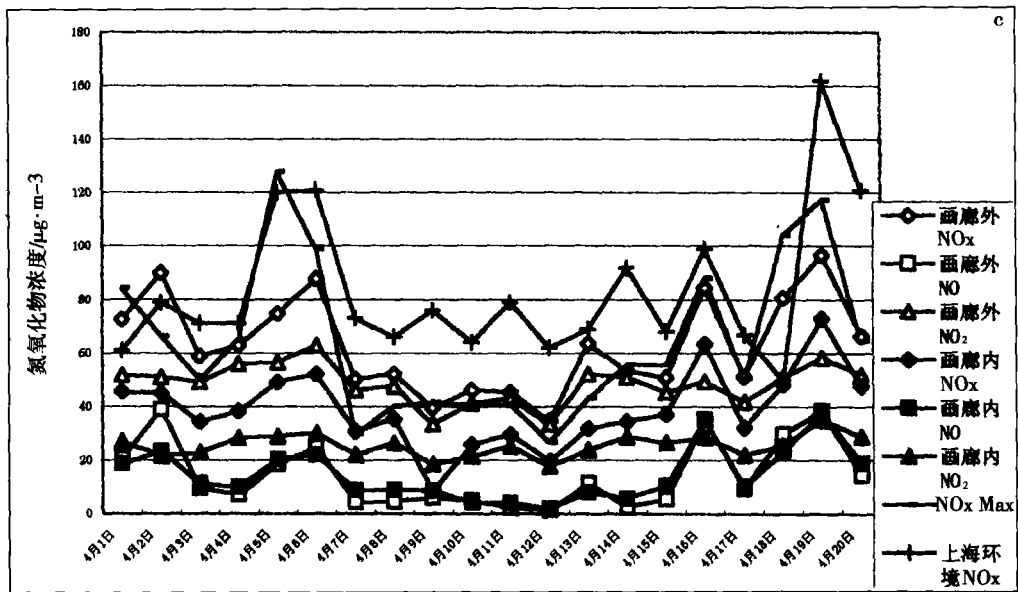
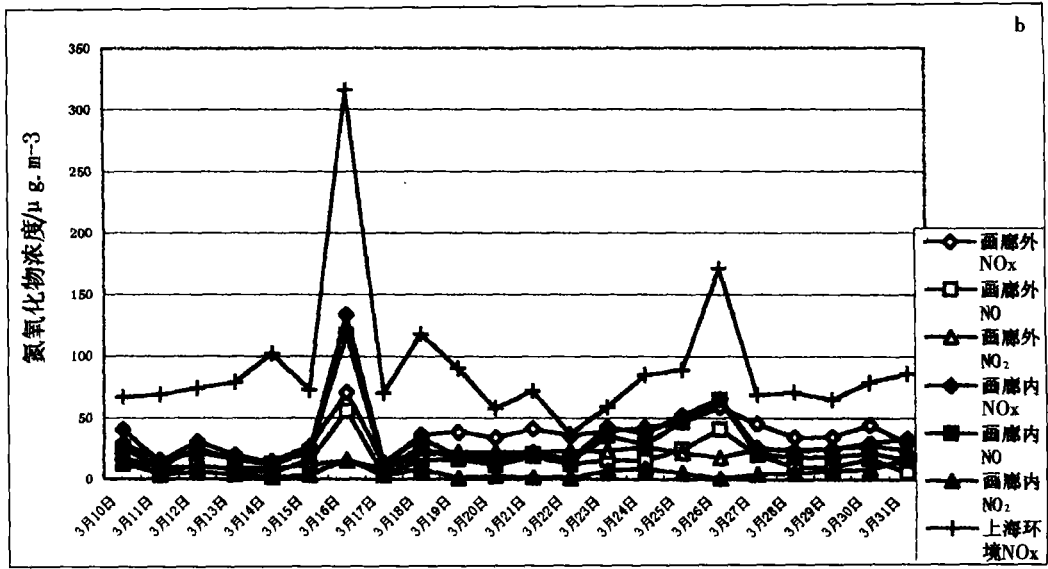
分析器从气流中取样,通过样品转化器里含有的加热的Mo,同时将气样中的NO₂先还原为NO,反应式为:



通过数字光电倍增管(PMT)的信号测定发光强度的变化和NO浓度的变化。此时测定的是总氮氧化物的浓度,通过计算机处理就可同时获得NO₂、NO的浓度变化。因它采用的是化学发光分析法,故比其他的分析方法的灵敏度都高,最低检出限为1μg/m³。

从1999年起用API公司的200ANO_x分析仪对绘画陈列室、陈列画廊、书画库房进行了较长期地监测,结果见图2、图3。





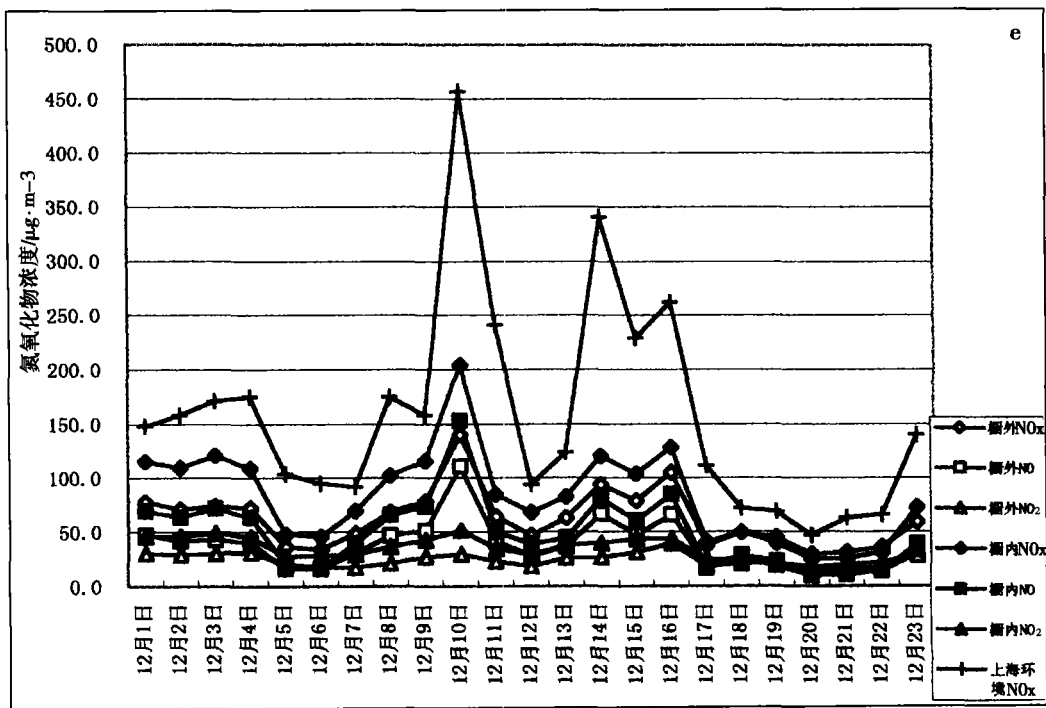
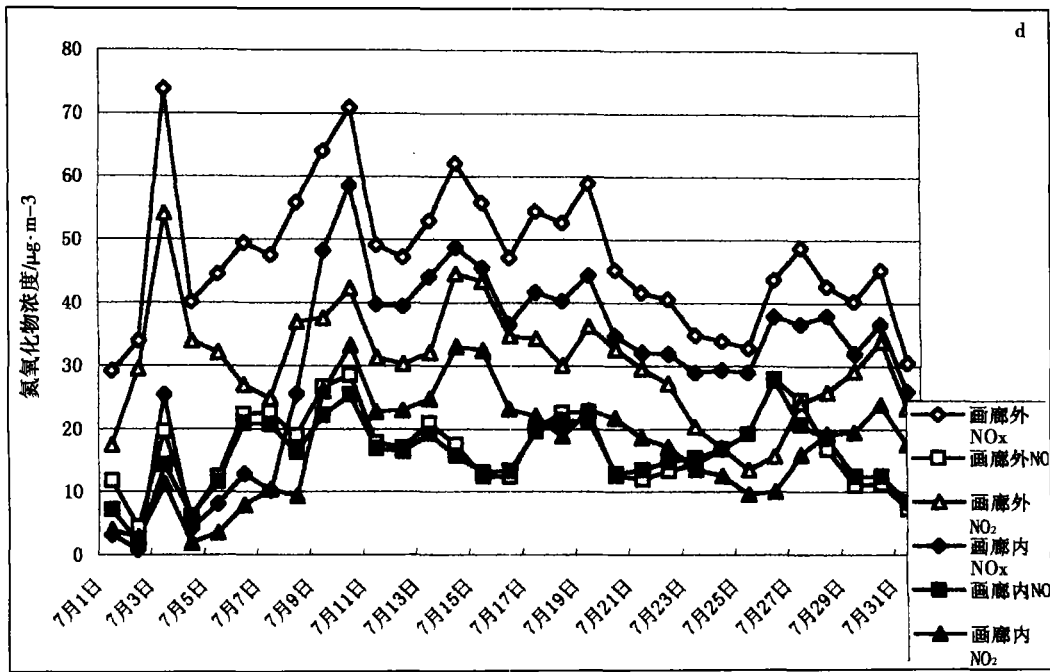


图2 上海博物馆绘画陈列馆氮氧化物的测定结果

Fig.2 Results of nitrogen oxide in painting and calligraphy exhibit spaces of Shanghai Museum

图 2 中, a. 1999 年 1 月测定, b. 1999 年 3 月测定, c. 1999 年 4 月测定, d. 1999 年 7 月测定, e. 1999 年 12 月测定。

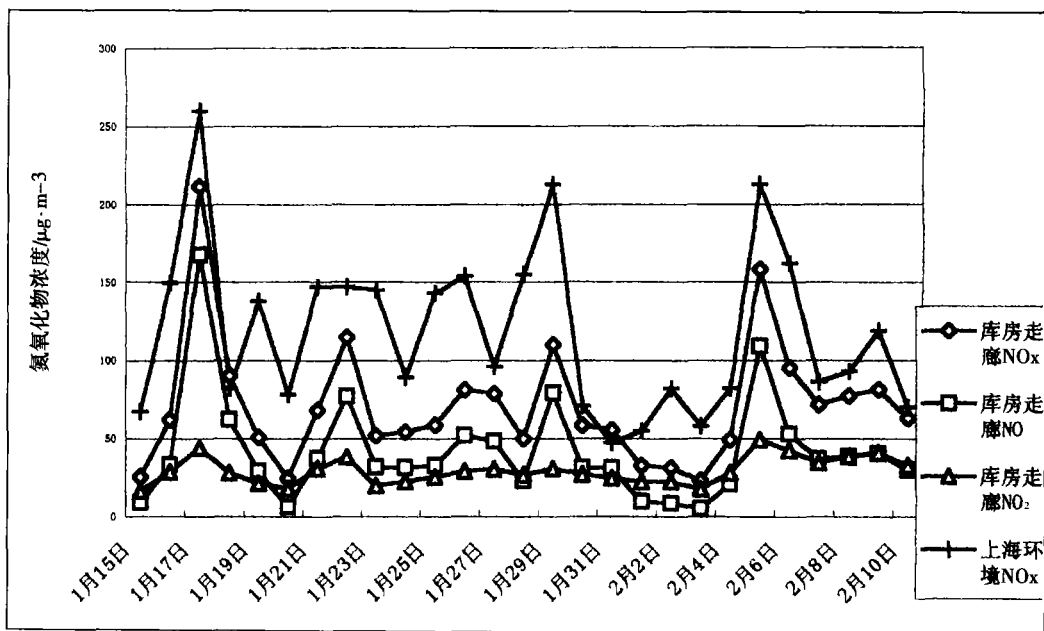


图 3 99 年 1-2 月上海博物馆书画库房走廊氮氧化物的测定结果

Fig. 3 Results of nitrogen oxide in painting and calligraphy storage areas of Shanghai Museum

从图 2a 的柱形图可清晰地看到: 画廊内 50% 测定的氮氧化物浓度大于画廊外, 而几乎 100% 画廊内的二氧化氮浓度测定值大于画廊外的, 这说明没有空气净化系统的空调系统, 一旦氮氧化物侵入画廊, 由于画廊内要控制一定气流量, 空气循环很小, 污染物就会滞留在画廊内, 不易发散。

从图 2b、2c 及图 3 曲线也可显而易见地看到画廊内外的氮氧化物的测定值与上海空气中氮氧化物的平均值起伏趋势基本一致。说明没有空气净化系统的空调系统, 外环境的空气质量直接影响室内空气质量。

从图 2a、b、c、d, 1999 年春夏秋冬四季各近一月的氮氧化物检测结果得到: 陈列画廊外氮氧化物浓度年均 $53\mu\text{g}/\text{m}^3$, 一氧化氮浓度年均 $27\mu\text{g}/\text{m}^3$; 二氧化氮浓度年均 $26\mu\text{g}/\text{m}^3$; 画廊内氮氧化物浓度年均 $51\mu\text{g}/\text{m}^3$; 一氧化氮浓度年均 $29\mu\text{g}/\text{m}^3$; 二氧化氮浓度年均 $22\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。12 月画廊外氮氧化物浓度月均 $63\mu\text{g}/\text{m}^3$; 一氧化氮浓度月均 $38\mu\text{g}/\text{m}^3$; 二氧化氮浓度月均 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$; 画廊内氮氧化物浓度月均 $83\mu\text{g}/\text{m}^3$; 一氧化氮浓度月均 $49\mu\text{g}/\text{m}^3$; 二氧化氮浓度月均 $34\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。陈列画廊外氮氧化物浓度日均最大值为 $104\mu\text{g}/\text{m}^3$, 陈列橱内氮氧化物浓度日均最大值为 $204\mu\text{g}/\text{m}^3$, 绘画库房走廊氮氧化物浓度日均最大值为 $212\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

从以上的监测结果来看,馆内的环境质量现状离文物保护的要求还有相当距离,有的污染还相当严重。要想采用加大新风来降低室内污染空气浓度是无济于事的,因上海博物馆内外的环境空气质量是完全吻合的。

1.2 间接(反应)监测

通过一段时间的监测总结,可知道上海博物馆书画陈列馆氮氧化物污染物的大致情况。这样浓度的氮氧化物污染物会对文物有影响^[3],约等于洛杉矶市内未装有空气净化器的博物馆内二年的二氧化氮的量(二氧化氮在洛杉矶的典型浓度一般为 $8-120\mu\text{g}/\text{m}^{3,4}$)。就可对染料和有机颜料产生可感觉到的 ΔE 的变化。我们认识到气态污染物对艺术品,档案材料会造成破坏,但直到现在还没有公认的研究结论表明,在气态污染物水平和其造成的破坏之间已建立了明确的关系。很多研究表明,污染气体之间有相互作用的现象。文献[5]报道,在二氧化硫和二氧化氮或二氧化硫、二氧化氮、臭氧等多种污染气体同时存在时,比单一的二氧化硫气体存在时对石质材料的腐蚀能力却增大了4.5倍和15倍。文献[6]报道,混合污染气体尤其是有二氧化氮存在时与单一污染气体相比,对银的腐蚀速率增加。所以不考虑污染气体的综合破坏能力,而仅仅测出一种污染物的浓度,对于保护艺术品,档案材料来讲是没有很大实际意义的。正是这个原因,人们又求助于反应监测技术,即通过腐蚀反应来对环境进行监测的技术。这种环境监测技术的有效性基于这样一个事实:被保护环境中的主要污染物都具腐蚀性。

反应监测技术能够评价被测环境中气态污染物的破坏可能性,通过分析在特殊涂布铜,银和/或金的试片探头上形成的不同腐蚀膜的种类和数量,可以得出被测环境中存在的所有具腐蚀能力的污染物的一般种类和浓度水平。

为此,我们又采用了美国普滤公司的间接(反应)监测技术,用他们提供的腐蚀分级试片(CCCs),对书画陈列画廊、陈列区和库房进行了较全面地测试。

CCCs是被动采样的监测试片,将该试片放置在被测环境中30天,然后分析在试片表面形成的腐蚀膜的种类和数量。这种技术可以反映出环境中的腐蚀反应的积累速率,评价被测环境中污染气体在被测期内的平均破坏能力,并提供腐蚀性气态污染物的类别和浓度水平,测试结果见图4。

从图4可知,绘画陈列馆室内外从银片的腐蚀分级来看(分级标准:银腐蚀 $<4\text{nm}/30$ 天,非常纯净等级; $<10\text{nm}/30$ 天,洁净等级; $<20\text{nm}/30$ 天,干净等级; $<30\text{nm}/30$ 天,少量污染等级; $\geq 30\text{nm}/30$ 天,污染等级),8月份测定结果占空气污染等级的占位点30%,空气少量污染等级的也有30%,而其余的均未达到洁净水平等级,而12月份的测定结果更不堪设想,全部测试点的空气均为污染等级。从上海环境质量年报表来看,上海的 NO_2 浓度时间序列分布,呈秋冬季节明显高于春夏季的特征。这是由于上海11月底的“逆温”现象,使污染物不易扩散。故11-12月测得的铜银反应腐蚀速率大于8月测定的结果。上海博物馆处在这样一个大环境

中,其秋冬季节的空气质量更是值得重视。

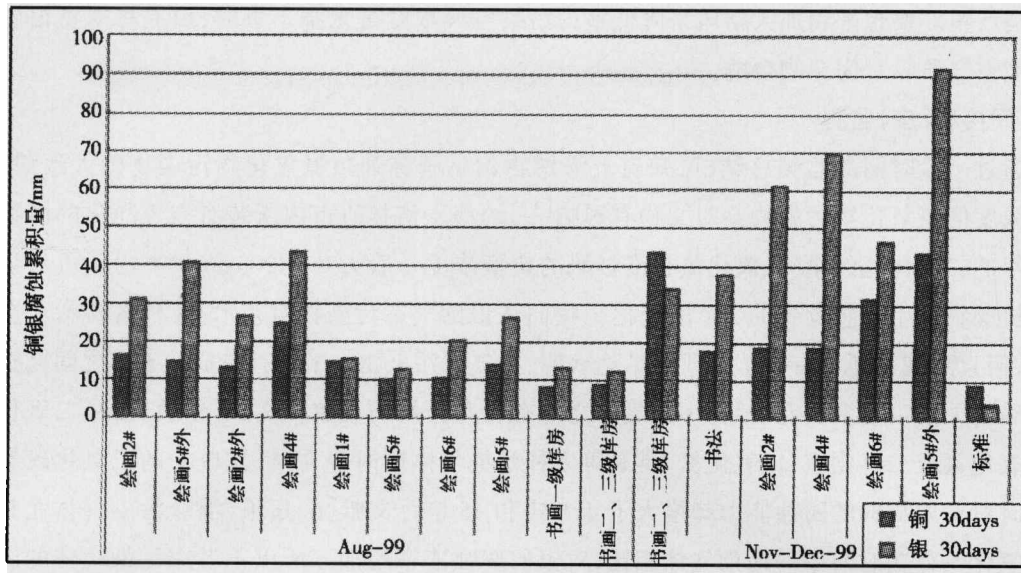


图 4 CCCs 铜银腐蚀累积量

Fig.4 Environmental monitoring - copper and silver corrosion data using CCCs

上海博物馆的环境是那么清洁,窗明几净,一尘不染,但从数次测定的结果来看,书画陈列和库房中的空气环境污染是一个不争的事实。

反应监测仪在我馆的应用:我们曾经对书画陈列进行过三次 CCCs 试片试验(数据见图 1、图 4),从 1998 年和 1999 年 12 月测定数据看,空气质量指标属污染级别,而 1999 年 8 月测定的数据来看银腐蚀速率明显低于 12 月银腐蚀速率,同一地点一般前者为后者的 1/3 - 1/2。那么,书画陈列橱全年空气情况到底怎样?心中没底,这问题不解决书画陈列微环境的合理治理也很难,要么治理费用太高经济上承受不起,要么达不到要求。在普滤公司上海办事处的支持下,1999 年 8 月起他们借给我们一个环境反应监测仪(ON GUARD 2000)用于书画陈列橱的监测,该仪器克服了 CCCs 试片的局限性,可以连续性地监测腐蚀变化,计算腐蚀积累速率和腐蚀变化速率。它的敏感性很高,可以发现小于 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的浓度变化,可提供连续的环境评价和分级。我们把它安装在书画画廊内,经二年多监测,铜银腐蚀的累积量见图 5。

如图 5 所示,平均每个月银的腐蚀量在 8nm,而铜的腐蚀量在 2nm。因发生几次较长时间的断电,故只能看出腐蚀变化的趋势,而不能看出哪个时间段的腐蚀变化。根据 Purafil 用银的反应速率来对被保护环境的分级标准,银腐蚀 $< 4\text{nm}/30$ 天,空气品质标准才达到非常洁净的水准,建议纸质类文物存放在这样的环境^[7]中。而我馆书画陈列画廊内的空气品质处于银腐蚀 $< 8\text{nm}/30$ 天,与纸质类文物保存环境空气品质要求还相差一定距离。

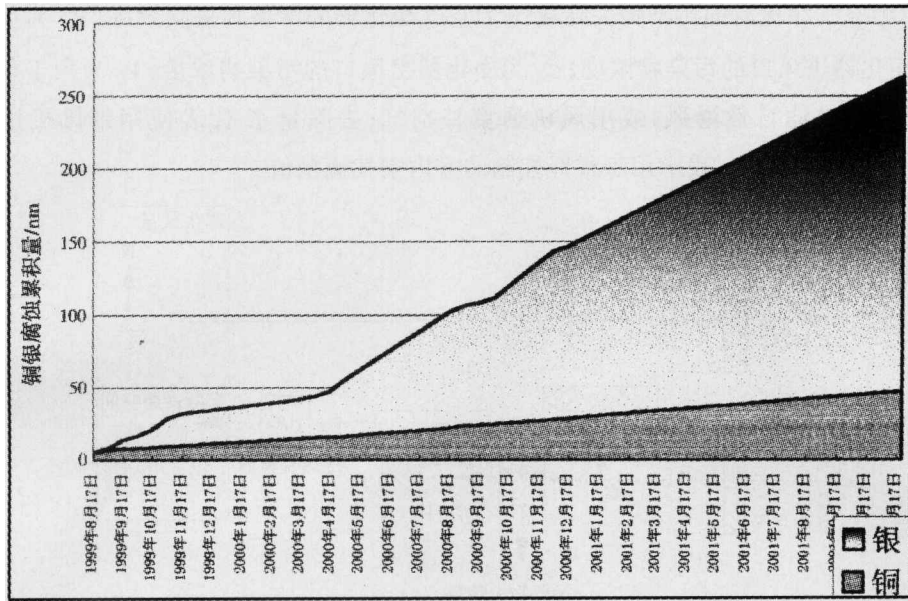


图5 用 On guard 2000 测得的铜银腐蚀累积量

Fig.5 Environmental monitoring - copper and silver corrosion data using on guard 2000

2 上海博物馆书画陈列的环境治理

经过一段时间对书画陈列环境的监测,我们对我馆空气环境质量有了一个基本了解。上海博物馆所处的大环境是客观存在的,有待于政府的日益投入,加大治理。尤其这二年的变化是有目共睹的,延安路、太平桥巨型公众绿化的建成大大改观了上海博物馆的外环境。上海博物馆的小环境更是可以进行治理的。博物馆内所有空间达到文物保护要求的清洁空气水准,当然是十分完美的,但这肯定大大加大了治理的难度,可采取逐步逐级地治理方案,经济上也可以承受,首先进行书画陈列画廊和书画库房的环境空气治理。

我们用空气质量控制的静态模型^[8]来解释进行书画陈列画廊和书画库房的环境空气治理的控制方法和净化处理的必要性。

对房间内空气与热量的控制方法有三种:控制污染源、净化处理和通风稀释,单间储存室模型的简单静态表达式有助于我们认识理解。

图6可建立下列等式:

$$\Delta C = \frac{N - E}{V_0} \quad (1)$$

式中, $\Delta C = C_r - C_0$ 为室内空气混合浓度 C_r 与室外空气浓度 C_0 的差; $N = Q - S$ 为污染物净生成量; Q 是污染源强度(即总生成或释放量); S 是吸收量(即受控区域的处理或吸收量);

$E = eV_m C_u$ 为空气净化后的污染物去除量; e 为空气净化器的污染物去除效率; V_m 为循环风流量; C_u 为净化器进风口的污染物浓度; C_d 为净化器出风口的污染物浓度; V_0 为用于稀释的气体流量, 表示无过滤自然通风, 或用风机通室外空气; 去除量 E 代表使用带风机过滤器或 100% 循环风经过净化; V_r 表示用于稀释控制的室内空气流量值。

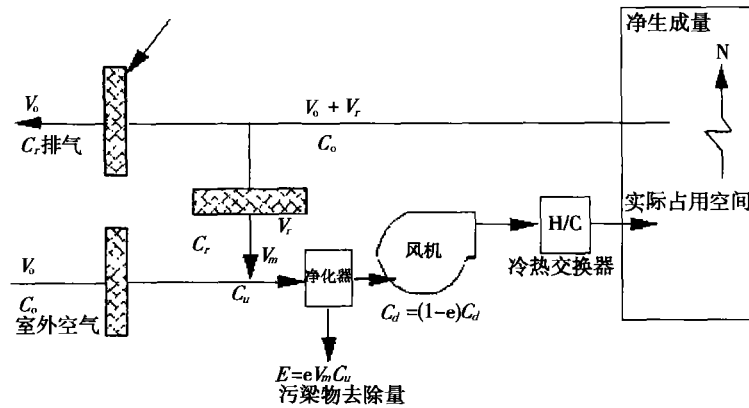


图 6 单间模型空气净化

Fig. 6 One compartment model for indoor air quality control

虽然公式(1)得自简单模型,但可用它来分析室内空气质量控制的方法和它的理想结果;如果不采用净化方法控制,室内空气污染物浓度将高于室外,除非移走污染源或提供无限大量的稀释空气;如果想要室内污染物浓度低于室外,而稀释量是有限值,那么去除量 E 一定要大于生成量 N ;如果选择污染源控制和净化控制方法,那么可以减少用于稀释的室外空气量;想以经济的方法得到满意的 ΔC ,要把去除污染源、净化、稀释 3 种控制方法结合起来。

无论室内空气质量控制方法采用循环还是非循环系统,从公式(1)可以看出,如果想达到控制室内空气质量的目的,室外、内污染物浓度 C_0 和 C_r 必须已知或测定,净生成量 E 也必须知道或估计出来。这 3 个值在决定采取哪个控制方法时十分重要。

将常见气态污染物一般浓度^[9]与文物保护环境的控制标准^[10-11]相比较(见表 3),很明显外界环境空气不能解决污染源控制问题。如 1997 年我馆外环境的二氧化氮年平均值已达到 $78.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ (见表 1),而现建议的我国文物保存环境的二氧化氮一级标准是 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$,三级标准是 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ ^[12]。我馆外环境的二氧化氮年平均值的浓度水平远远高于书画保存环境要求,所以稀释控制也就不是有效办法。如采用稀释控制方法,则可能是用更高浓度的气体去稀释室内空气。因此,对进入画廊内的空气则能采取净化处理的方法,降低污染物浓度,达到文物保存环境所需的控制水平。

如果气态污染物的水平已经高到会对被保护环境产生危害,最有效和最经济的解决办法就是采用气相过滤,利用一种或多种的干式化学介质来除去污染气体。气相(干式)空气净化

介质是空气净化系统的核心。依污染气体种类和浓度选择专用介质设计系统完成工作。

表3 文献[9]和文献[10-11]数值比较

Table 3 Comparison of Ref[9] and Ref[10-11]

污染物种类	一般背景浓度 ppb[9]	峰值浓度 ppb[9]	控制标准 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [10-11]
二氧化硫	6-30	100-750	$\leq 1-2.85$
臭氧	0.4	20-40	$\leq 1.8-24.5$
二氧化氮	1.0-1.5	40-100	≤ 5

注: ppb = 10^{-9}

干式过滤器一般使用两种介质:活性炭和活性氧化铝。介质根据不同用途,经不同化学药剂处理对不同污染物,通过吸附、吸收和氧化反应的综合作用完成净化。象 Purafil Chemisorbent-活性氧化铝介质,经处理后,可用于 H_2S , SO_2 , 甲醛, NO 等的净化; Purafil Puracarb-活性炭和活性氧化铝介质,经处理后,可用于 S_2O , NO_2 , H_2S , O_3 等的净化。

我馆的书画画廊有一套独立的空调系统,可使书画陈列中温湿度控制精确,利用空调系统通风管道安装一组净化系统,使画廊内的空气进行净化。我们现采用普滤公司侧开式净化装置(CPSA如图7)设备与通风空调系统结合运行进行空气净化。预过滤部分、介质部分和终端过滤部分置于同一箱体(CPSA)内。净化介质采用 Purafil Chemisorbent 和 Purafil Puracarb。

我馆书画库房不是独立的空调系统,但房间相对比较密闭,不经常开启,可采用室内柜式空气净化系统。我们现采用普滤公司自运行系统 CA(如图8)

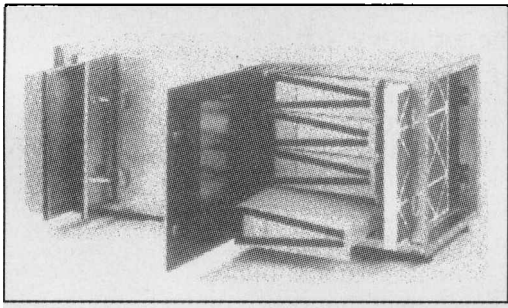


图7 侧开式净化装置

Fig.7 Commercial Side Access unit(CPSA)

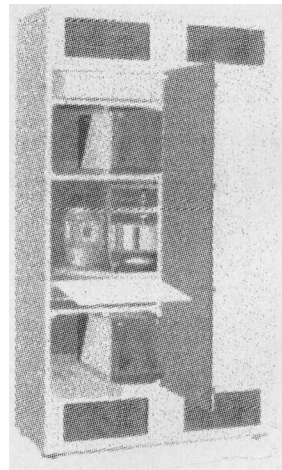


图8 自运行系统

Fig.8 Corrosive-Aire unit (CA)

CA 是自带动力系统的单机式气体过滤系统,颗粒物过滤器和化学过滤器和风机部分合于一体,用于循环过滤净化房间的气体污染物。

书画陈列馆和书画库房的空气治理就是按照上面的控制方法进行治理的。为了监测治理的效果,在书画陈列室内和画廊内进、回风处及库房内安装 Onguard 2000 大气腐蚀监测仪,持续、“实时”监测环境中腐蚀性气体腐蚀累积率和累积变化曲线,一方面用它监控和评估空气治理的实际效果,另一方面也确保气相(干式)空气净化介质的及时更换。

我馆现在正在进行书画陈列馆的陈列、空调系统及净化系统的全面改建,有待一年以后再看我们书画陈列画廊、书画保管库房的治理效果。

参 考 文 献

- 1 影响文物保护单位环境因素及环境质量标准(研究课题第一阶段总结).中国文物研究所资料,1997
- 2 夏德祥等.上海市环境空气 NO₂ 浓度时空分布特征.上海环境科学,2001,(1):43-46
- 3 Guttman, C.M. Protection of archival materials from pollutants; diffusion of sulfur dioxide through box board. *J Am Inst Conserv*, **32**:81-92,1993
- 4 齐藤昌子.NO₂,SO₂ガスによる天然繊維の劣化と天然染料染色布の変褪色古文化財の科学,1991,**36**:8-17
- 5 Johnson J B *et al.* Laboratory exposure chamber pollutant and acid rain penetration rates and stone degradation. *Art Archaeol Tech Abstr*, **30**:1954
- 6 FLAUD. C. Testing methods for indoor and outdoor atmospheric corrosion. In: Francis P E, Lee I S eds. The use of synthetic environments for corrosion testing ASTM SIP 970. American Society for Testing and Materials, 1988.58-68
- 7 ABBOTT W H, Studies of natural and laboratory environment reactions on materials and components. In: Battelle Columbus Laboratories, Report to environmental studies group - phase II. 1986.36-39
- 8 Purafil Inc. Environmental control for museums, libraries and archival storage areas. U.S.A., 1998, 13
- 9 Chris Muller, Purafil Inc. A new standard for environmental assessments in preservation environments U.S.A. Purafil Inc., 1998.4
- 10 Thomson G. The museum environment. London: Butterworths, 1986
- 11 Millie O Connell. The New Museum Climate Standards & Technologies. 1996,**20**:58-60
- 12 陈元生,解玉林.博物馆环境质量标准研究.文物保护与考古科学,2002,**14**(增刊):152

Monitoring and controlling environments of inner Chinese painting and calligraphy gallery and storeroom at Shanghai Museum

XIE Yulin

(*Research Laboratory for Conservation & Archaeology, Shanghai Museum, Shanghai 200231*)

Abstract

Four environmental factors - particulates, temperature, humidity, and gaseous pollutants - have been shown to cause the deterioration of historical artifacts and materials. Of these, gaseous pollutants, are the most damaging. However, because of the synergistic effects of temperature and humidity, controlling gaseous pollutants alone may not prevent deterioration. Although impertinence temperature and humidity themselves cause the deterioration of historical artifacts, only gaseous pollutants are discussed and monitored in this article. In order to know environmental assessments in the inner of Chinese painting and calligraphy gallery, NO_x, SO₂ and O₃ were examined. NO_x is the important air pollutant. Automatic nitrogen oxide analyzer 200ANO_x, the copper and silver corrosion classification coupons and environmental reactivity monitor OnGuard 2000 have been employed to monitor since 1998. Nitrogen dioxide concentration in gallery is 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 1999. Silver corrosion formed at the rate of 8nm/30 days in the recent two years. The project to control environments - different Purafil air purification systems in Chinese painting and calligraphy gallery and storeroom at Shanghai Museum has being carried out based on the monitoring data.

Key words Environmental monitoring, Nitrogen oxide, Nitrogen dioxide. Copper and silver corrosion classification coupons, On Guard 2000

2002 - 04 - 23 收到