



大气环境对博物馆内文物的影响

程 燕¹, 郭 伟¹, 樊巍巍¹, 张云伟¹, 张仁健²

(1. 西安交通大学 人居环境与建筑工程学院, 陕西 西安 710049; 2. 中国科学院 大气物理研究所, 北京 100029)

摘要: 根据近年来国内外关于大气环境对博物馆内文物影响的研究报道, 主要综述了气溶胶、酸性气体、大气微生物以及温度、湿度对文物的影响研究, 论述了它们对文物的损害机理以及分析研究的方法, 并从大气污染、生物侵害等方面, 对博物馆环境的主要影响因素进行分析并提出相应的改善对策。

关键词: 大气环境; 气溶胶; 博物馆; 文物

中图分类号: X51

文献标志码: A

文章编号: 1008-5548(2013)05-0043-07

Effect of Atmospheric Environment on Cultural Heritage in Museums

CHENG Yan¹, GUO Wei¹, FAN Weiwei¹,
ZHANG Yunwei¹, ZHANG Renjian²

(1. School of Human Settlements and Civil Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049; 2. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: A number of studies were carried out on the impact of atmospheric pollutants on cultural heritage in museums. Some pollutants, such as airborne dust, acid rain, acid gases, fungi and microorganisms, etc. were believed playing important roles on the damage of cultural heritage. The mechanism of relic-corrosion and influence factors in the museum environment in the present study were reviewed, and the improvement measures were discussed as well.

Key words: atmospheric environment; aerosol; museum; cultural heritage

越来越多的国内外研究结果表明, 大气环境问题成为造成文物古迹损害的重要因素^[1], 其中影响最大的是降尘、酸雨、酸性气体和菌类微生物等。根据国际博物馆协会在《国际博物馆协会章程》中的定义: 博物馆是一个为社会及其发展服务的、非盈利的永久性机构, 并向大众开放, 它为研究、教育、欣赏的目的征集、保护、研究、传播并展出人类及人类环境的物证。博物馆作为历史文物和标本的收藏与研究部门, 是人类进

步重要的标志, 在向社会讲述历史、传播文化教育方面起着龙头的作用^[2]。我国拥有 5 000 年悠久文明史, 每个朝代都遗留了令世瞩目的文物古迹。从万里长城到敦煌壁画, 从云冈石窟到秦兵马俑, 无一不是惊世之作、无价之宝。然而, 几十年工业发展导致的环境污染已对文物古迹构成了严重的威胁。近年来, 博物馆室内空气质量和文物保护的研究日益受到关注^[3], 其中对博物馆内文物影响最大的是气溶胶、酸性气体、大气微生物以及室内温度、湿度。目前有关我国博物馆文物保存环境的研究还相对匮乏, 大部分只是针对某一方面因素的具体研究, 对文物腐蚀有重要影响的大气污染因素的分析研究还缺乏系统性, 因此本文中将在这些方面进行分析讨论, 以期更好地了解大气污染因素, 为文物的妥善保存和保护^[4-5]奠定基础。

1 气溶胶对文物的危害

气溶胶是由碳组分、硫酸盐、硝酸盐、海盐和矿物等组成的混合物, 对全球与区域气候、环境系统、能见度及人体健康具有重要影响。对博物馆内文物造成损害的颗粒物主要指粒径小于 10 μm 的大气降尘, 尤其是细颗粒物 $\text{PM}_{2.5}$ 。这些细颗粒物质的化学活性较高, 沉降、附着在文物表面不仅污损文物, 甚至与彩绘颜料中的某些成分发生化学反应, 造成颜料的变色、褪色, 从而改变颜料层的内部结构, 造成彩绘层的松散。由于元素碳是性质较稳定的物质, 一般不发生化学反应, 所以常被用来作为污染源的示踪。碳气溶胶对文物的影响主要表现为在其原有色彩上进行沉降、覆盖, 使其表面灰黑^[6], 影响美学观赏价值和视觉效果; 另外可与大理石表面结合形成黑壳^[7]。Chang 等^[8]、Novakov 等^[9]还认为元素碳还可在液相系统中加速气粒反应过程(如 SO_2 、 NO_x 氧化形成硫酸盐与硝酸盐)。我国的博物馆根据展示方式的不同分为半封闭式和全封闭式 2 种, 不同展示类型的文物所遭受的主要影响因子有所差异, 而且所取得科学研究进展也有所不同。

关于半封闭式博物馆内文物保存环境的研究, 以秦兵马俑坑室研究为例。1989、1992 年对秦兵马俑博

收稿日期: 2013-05-30, 修回日期: 2013-07-02。

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目, 编号: 21107084。

第一作者简介: 程燕(1977—), 女, 博士, 副教授, 研究方向为大气化学与全球环境变化。E-mail: chengyan@mail.xjtu.edu.cn。

物馆 1 号坑和馆外环境的研究开启了对博物馆环境研究的先河, 研究结果表明, 馆内俑坑中存在一定程度的有害气体和粉尘颗粒物污染^[10]。2004 年, 通过对兵马俑馆内气溶胶(硫酸盐、有机物、乳油、硝酸盐和氨)的研究表明, 其在馆内的浓度较大且呈酸性^[3]。2006—2007 年进行的兵马俑室内大气污染综合观测研究发现, 兵马俑馆内 1、2 号坑存在较大浓度的细颗粒物 PM_{2.5} 污染, 其中所含碳气溶胶的浓度也较大。董俊刚等^[11]在国庆假期期间对秦兵马俑的碳气溶胶的测试分析表明, 国庆黄金周期间(10 月 1—7 日)馆内的碳气溶胶浓度明显高于馆外的, 有机碳与元素碳分别为馆外的 2.3 与 1.6 倍, 馆内碳气溶胶占气溶胶组分的 42.1%。此外, 2006—2007 年开展的兵马俑室内大气污染综合观测得出, 不同地点和季节气溶胶的酸碱性有差异, 室内外气溶胶中的硫酸盐都是经二次转化形成的。

对于全封闭式博物馆的研究, 杨雅媚等^[12]采用示踪黑碳颗粒物对汉阳陵的研究表明, 室内外大气中 PM_{2.5} 主要由硫酸盐、硝酸盐和铵盐等二次离子组成, 这 3 种对文物有较大影响的成分的质量分数在室内占 30% 以上。通过对大气颗粒物 PM_{2.5} 的分析表明, 室内 PM_{2.5} 主要与室外的大气污染物浓度有关, 受室外污染物的渗入明显, 与馆内游客关系不大。馆内大气污染物中的硫酸盐、硝酸盐等可沉降或吸附到文物表面, 不但有潜在的研磨作用, 还能将有害化学物质携带到文物、艺术品表面, 导致对文物材料的化学侵蚀和物理风化^[13]。胡塔峰等^[14]通过对秦兵马俑铜车马展厅和 1 号坑室采集的冬季大气悬浮颗粒物进行单颗粒分析得出, 在博物馆室内的大气悬浮颗粒中占相当数量的是硫酸钙等可溶性盐。硫酸钙细粒会溶解并渗入文物表面的孔隙内, 随着温度的升高和水分的蒸发, 这些盐会结晶, 体积增大, 并产生应力, 造成材料开裂、剥落, 在漆层表面形成坑和裂缝。李华等^[15]在 2008 年冬季通过采样兵马俑陶器库内污染大气进行的室内水溶性离子分析发现, 离子溶液呈酸性, 库内 SO₄²⁻、NO₃⁻、K⁺、NH₄⁺等含量较高且两两之间均表现出明显的相关性(如 SO₄²⁻与 NO₃⁻、K⁺、NH₄⁺的相关系数分别为 0.89、0.68、0.98), 有共同的来源, 这也证实了室内细颗粒多为一些无机盐和含碳有机物。此外颗粒物中富 Fe、Mn 元素的颗粒物会催化、加速含 S 元素颗粒物或腐蚀性气体(如 SO₂、NO_x)转化为 H₂SO₄ 和 HNO₃, 增强与文物表面的化学反应。

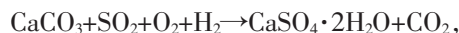
2 酸性气体

气体污染物的种类有许多, 但对博物馆文物有严重损害的是酸性气体。酸性气体污染物主要包括硫化

物、氮氧化物、卤化物、某些有机化合物等。它们能够腐蚀金属, 尤其在与氧化剂类物质混合时腐蚀现象更为明显; 此外还会使有机质文物脱色、褪色, 从而改变文物的本来面目, 使文物遭到损害。馆内各污染物的含量并不是一成不变的, 很容易受外界条件的影响, 这不仅与博物馆的内部因素有关, 与馆外的空气状况也表现出一定的正相关性。Reddy 等^[16]在印度萨拉尔·詹博物馆博物馆进行的研究表明, 室内检测到的 SO₂、NO_x、H₂S 和氧化剂等中有一部分来自于室外大气, NH₃ 和醛类受外部影响较小。

2.1 硫化物

二氧化硫(SO₂)气体是硫化物中的代表物质, 对多种文物都能产生损害, 如纤维质文物纸张、棉织品, 金属银、铜质文物, 蛋白质质文物丝织品、毛纺织品、羊皮纸等^[17]。纤维纸张吸收 SO₂ 后, 其耐摺度会降低, 纸张会变脆, 在质量浓度为 0.1 mg/m³ 的 SO₂ 气体中将丧失其拉力强度^[1]; 此外, SO₂ 对石质建筑、金属雕塑等露天艺术品的破坏作用较大。李华等^[18]通过研究表明, 室内的 SO₂ 主要来源于室外, 而且在每日 10:00—11:00 时浓度达到最高值。SO₂ 使石灰质文物风化机理^[19]为



或



在石灰质文物等不易被粉尘覆盖的表面, 通常可以发现一层次生的黑色膜, 或黑色壳垢表现出粗糙、裂开或剥落的现象。这些黑色壳垢的主要成分为石膏, 它是由空气中的气体 SO₂ 直接腐蚀所形成的^[20]。SO₂ 还能降低皮革强度, 使染料、颜料等着色剂发生色差变化, 毁坏雕像和其他艺术品。着色层结构的改变是由着色层中含三苯甲胺基的颜料如碱性品红、鲜绿和副品红碱等对 SO₂ 特别敏感所致。另有研究表明, SO₂ 和烟尘具有协同作用, 两者并存时有害作用可增加 3~4 倍, 对文物危害更大^[1]。除 SO₂ 外, H₂S 对文物的破坏也不容忽视。石灰质文物中若有 Fe²⁺, 遇到酸性还原气体 H₂S 后就会产生黑色的 FeS (Fe²⁺ + H₂S → FeS + 2H⁺)。如果石刻有彩色颜料, H₂S 还会和红色铅丹(Pb₃O₄) 和白色铅白(PbO) 生成黑色 PbS^[21]。反应机理^[19]为



H₂S 在潮湿环境中易生成具有漂白作用的氢硫酸, 可使字迹、颜料褪色, 也可使植物纤维素遭到破坏。硫化物对纸质文物的破坏表现在纸质文物吸收空气中的硫酸、亚硫酸后, 特别是当纸质文物中存在铁、镁、钙等金属离子时, 更能促使纸质纤维对硫化物的吸附, 吸收空气中的酸性物质增大了纸质酸度, 促进

了纸质纤维的酸性水解,导致纸质老化加速。氢硫酸还能使银、铜、铅制品的表面变黑;能与许多金属离子作用,生成不溶于水或酸的硫化物沉淀。

目前,我国馆藏文物所处的环境空气质量都是不容乐观的,如余健^[22]对四川广汉三星堆博物馆馆藏文物环境的调查研究显示,博物馆内馆藏环境3个采样点的SO₂小时平均质量浓度为0.15 mg/m³,均低于环境空气污染物一级标准值,只有一级标准值的25%~30%左右,而这还是在展厅和库房安装中央空调的循环与过滤系统,已经有效降低了馆内平均浓度的结果。

2.2 氮氧化物

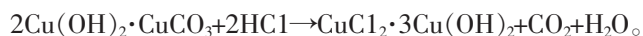
氮氧化物主要来自含氮染料的燃烧和工业生成。来自室外大气的二氧化氮(NO₂),一氧化氮(NO)等侵入室内环境会引起金属腐蚀,染织品的变色、褪色,棉、麻的老化,纸质文物的腐蚀等一系列现象^[23]。NO₂为棕红色气体,有毒且具有刺激性气味和强氧化性,能加速纸类中纤维素的分解,使墨迹褪色。实验证明^[24],在光照条件下,在质量浓度为0.17 mg/m³的NO₂气体中,染料就会褪色。NO₂使颜料褪色的程度不仅与颜料本身的化学结构有关,还与载有颜料的基质材料的性质密切相关。醋酸纤维素和聚酯上的这类染料比羊毛上的更易褪色,原因是NO₂优先与尼龙或羊毛中的—NH₂或—NH基反应,从而减小了染料的褪色程度^[25]。在潮湿环境中生成的硝酸能加速植物纤维素的水解作用,使纤维素降解而强度降低,破坏纤维质文物,这可能是纤维素结构遭受氧化和水解反应的结果^[26]。Camuffoa等^[27]采用被动扩散装置——扩散管来检测意大利威尼斯科雷尔博物馆室内NO₂的浓度,在扩散管的不锈钢网格上涂三乙醇胺,可有效地将其转化为亚硝基衍生物,进而使用比色法测定浓度,这种方法不会对文物产生不利影响。

目前博物馆常用的去除室内NO₂、SO₂的方法有水喷淋法和活性炭过滤法。由于活性炭不仅能安装在空调管路中,还可置于单个陈列柜内,而且对SO₂的净化效率为95%,对NO₂净化效率为90%,所以活性炭过滤法更常用。

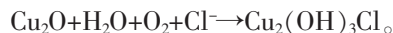
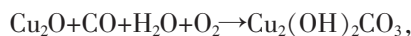
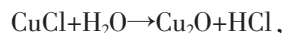
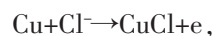
2.3 卤化物

在湿度较大的情况下,进入博物馆的氯化物会沉降在石灰质文物表面与石灰质文物中的CaCO₃发生复分解反应,使文物表面酥粉、脱落、剥蚀。在潮湿环境中Cl⁻还阻止铁质文物表面生成致密稳定的保护膜而使锈层不断增加^[1],所以卤化物不仅破坏铁质文物,而且还加速其腐蚀。此外,青铜器文物表面形成的铜绿在一定程度上可以防止青铜器继续被腐蚀,但当文物腐蚀形成的HCl浓度积累到一定程度后,铜绿层发生分解,使得青铜器失去天然保护,易于与环境中的

水、氧气接触,发生反应,加重腐蚀,反应式^[28]为



对于纤维质文物如纺织品、纸张,氯都会促使其纤维素的水解和氧化,加速其质变。需要指出的是,氯化物对金属文物的危害最大,其中尤以氯化钠的破坏作用更强。氯化钠对金属文物的腐蚀机理与硫酸的作用类似,即在金属表面形成以氯化钠为电解质溶液的原电池,通过电化学对文物进行腐蚀^[21]。文物界所称的“青铜病”就是由进入的Cl⁻与侵入内部的水、氧和CO₂反复反应,使青铜器的腐蚀产物不断扩展、深入,直到器物溃烂、穿孔所致。反应机理^[29]如下:



酸性物质HCl进一步产生,加速CuCl₂和Cu₂O的溶解,同时平衡体系中CuCl₂的减少又促使Cu²⁺发生电化学作用生成CuCl₂,持续的循环作用不断加重文物的腐蚀与损害,因此减少或除去环境体系中的Cl⁻是降低青铜器粉状锈蚀的重要手段。国家文物局在《博物馆藏品保存环境试行规范》中给出了对具体污染气体的浓度限值,应参照执行。

2.4 有机化合物

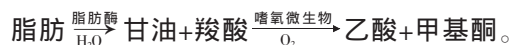
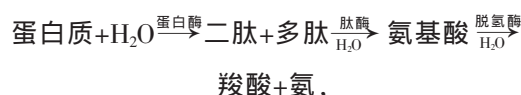
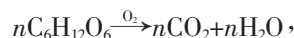
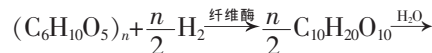
博物馆室内的污染物除了部分来自室外,还有一些是内部的污染源所释放的。近年来,随着对文物保护要求的不断提升,博物馆开始使用一些密封程度较高的保存装置,但这同时也带来了新的问题。博物馆建筑物内部装修、文物库房、展柜展台等使用材料产生的挥发性物质而导致的室内污染物引起了更多的关注。在这种保存箱中,如果很小的污染源释放出污染物,由于保存箱的密闭,因此污染物浓度就会逐渐增大。甲醛是现代装饰装修材料中挥发出的一种主要污染物,在空气中氧化成甲酸后,对文物会产生更大的危害。根据我国室内空气质量标准(GB/T 1883—2002),要求甲醛的质量浓度应小于0.10 mg/cm³,而对于馆藏文物保存环境推荐标准中则为应小于0.05 mg/cm³。徐方圆等^[30]针对武汉博物馆的改造新文物库房、未改造老库房、文物储藏柜、包装囊盒、陈列展厅、文物展柜内的环境质量检测了其中的甲醛浓度,结果发现,受新、老装修材料与橱柜材料挥发污染物的影响,加上库房改造配备的恒温恒湿设备无过滤功能,陈列展柜又处于长期密闭状态,甲酸、乙酸等酸性污染气体主要来源于装修材料的挥发和室外废气,并且该博物馆各环境中甲酸、乙酸、甲醛、挥发性有机物等污染气体浓度偏大,其中乙酸的质量浓度均普遍大于0.2 mg/cm³(囊盒内除外)。相比我国馆藏文物保

存环境中甲醛最小质量浓度为 0.05 mg/cm^3 的要求,上述检测结果与文物保存环境的要求有很大的差距。Schieweck 等^[31]对下萨克森州汉诺威博物馆的研究表明,馆内空气中大多数挥发性有机物、甲醛和有机酸性物质不仅与使用的包装和建筑材料有关,还与用于修复和保存文物的产品有关,通过检测发现,木制货架和抽屉被确认为萜烯和其他挥发性有机化合物的来源。在对落尘的分析中也发现了铅、砷和氯元素,表明某些防腐剂的使用会导致有毒物的挥发,如被用于消灭昆虫和真菌的林丹和 1,4-二氯苯。此外来自装修木材的树脂中含有乙酸等成分,乙酸的释放会引起铅制品的破坏;而来自聚氯乙烯塑料和一些在收藏、布展中使用的部分化纤织物会产生氯化物,对金属文物产生腐蚀^[32]。为了去除博物馆陈列柜中的空气污染物,应改善室内空气质量,加强馆内库房、橱柜的换气处理,同时在其内放置活性吸附材料来减小甲醛等污染物的浓度。研究表明,包装囊盒具有一定的微环境调控效果,对抗外界温度、湿度变化,阻隔有害污染物影响具有良好的缓冲作用,同时还具有避光作用,但是需要注意制作包装囊盒材料的选取。针对博物馆的室内污染成分,应当将慎重选取建筑、装饰用材料置于首位,对装修材料、橱柜制作材料进行筛选,尽可能使用无污染物挥发或少污染物挥发的材料。国家文物局在《博物馆藏品保存环境试行规范》中不仅对馆藏文物所处环境使用的建筑材料中挥发的具体污染物给出了浓度限值,还对总挥发物的浓度提出了要求,应参照执行。

3 大气微生物

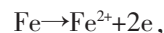
博物馆内的馆藏文物除了受上述理化因素的破坏作用外,还会受到大气微生物的生物危害。微生物可引起文物藏品的生物腐蚀,尤其是在有利于它们生长繁殖的环境中。这部分微生物主要是空气中飘浮或尘埃中夹带的有害微生物,包括细菌、放线菌、霉菌等。由于微生物是附着在颗粒物上进入室内环境,所以它的分布和含量易受其他因素的制约,同一房间不同季节、相同季节不同房间、同一房间的不同点、相同点的不同种类都有所不同。如 Niesler 等^[33]以从奥斯威辛-比克瑙博物馆储藏室的空气和沉积的灰尘分离出的细菌和真菌进行定性和定量分析为基础,评估该博物馆微生物的污染状况。结果表明,室内空气所含细菌的 74% 是革兰氏阳性球菌,18% 是无芽孢的革兰氏阳性球菌,中温放线菌的含量只有 1%;此外,从储藏室不同点所测的细菌数量从大到小依次为旧乐谱、旅行箱、鞋子、绘画作品,这可能与它们所放的位置有关。

大气微生物对纤维质文物损害的主要原因是这类文物材料多含有纤维素、淀粉、明胶等,有害微生物以有机质文物为丰富营养基,微生物分泌出能分解这些文物材料的纤维素酶、淀粉酶、蛋白酶、果胶酶等及产生的几十种霉菌,使文物霉烂,反应机理^[34]如下:



蛋白质文物被微生物侵蚀会引起文物材料的霉变,霉变后的文物表面产生的各种颜色的霉斑遮盖了彩绘图案,同时蛋白质在微生物的作用下被分解,释放出 H_2S 、 NH_3 等气体,使有机文物腐败发臭,造成文物彻底毁坏。空气颗粒物所携带的菌孢子等一旦降落并附着于壁画及彩绘陶器上,就会迅速繁殖,分泌的代谢产物有机酸及酶等可分解麻、棉、草及颜料层中的动植物胶,使壁画空鼓,颜料层剥落、酥粉。大气微生物不仅影响文物外观,还使文物材料机械强度下降。实验证明,由于霉菌的破坏,纸张的牢固性在 5 d 内就恶化 5%^[35]。蛋白质的分解还使这类文物表面的光泽和强度都降低,表面发黏。

此外大气微生物对金属也具有腐蚀作用,处于潮湿空气中的金属很容易吸附空气中的带菌尘埃和水气,菌类的代谢产物有机酸腐蚀铁器,铁细菌、硫细菌、硫酸盐还原菌对铁器腐蚀更严重^[34];电化学腐蚀通常与微生物腐蚀同时发生,两者相互促进,加速腐蚀,产生恶性协同效应,危害文物健康与保存^[36]。反应机理^[34]如下:



一些真菌类微生物也可引起对青铜文物的腐蚀,腐蚀机理是金属本身失电子发生电化学作用。腐蚀程度由青铜文物本身、微生物种类和文物所处环境 3 方面因素共同决定^[28]。一般而言,文物的生物腐蚀与化学腐蚀具有同时发生、相互促进的紧密联系。许多文献资料指出,空气中的细菌数量与气溶胶粒子浓度以及其他污染物有关。微生物附着在大气颗粒物上,在一定湿度下,造成霉菌传播,引起文物长霉乃至霉烂、腐朽。馆藏文物虽处于一个相对密封的环境,但是进出博物馆的人员会带入大量的菌种,主要包括尖孢镰刀菌、交链孢菌、点青霉、球毛壳霉等,这些菌类附着在人的身体、衣服以及所携带的物品上。弄清它们的

种类和损害机理对馆藏文物的保护至关重要。武望婷等^[37]通过对首都博物馆内的细菌进行分离鉴定,分离出28种优势菌种,并对它们的形态、生理生化及分子生物学进行鉴定。根据菌种固体培养特征和生理生化特点,从现象到机理本质分析了细菌可能对文物造成的危害,为博物馆的空气质量监测、文物保护保存环境提供了参考。

在对由微生物作用引起的文物损坏的修复过程中,一般针对文物本身的特性采用不同的方法。对于严重腐蚀的青铜器文物,采用化学方法处理,杜绝有害锈再生;对于局部粉状锈则采用锌粉敷、电化学还原方法除锈,最后用聚丁二烯材料PB-72将文物表面封护^[38]。此外,了解文物害虫的习性就可有针对性地进行有效治理,例如,发现藏品害虫具有喜温畏寒、喜湿畏干、喜暗畏光的生活习性,通过破坏它适宜的生活环境,就可以有效地抑制害虫的生长。总之,防止生物危害藏品,主要方法是控制传播途径和破坏生存环境。

4 温度和湿度

室内空气的温度和湿度是衡量博物馆文物库房微气候环境的2个主要指标^[39]。文物的分子结构的不同,对温度和湿度的控制要求不同,需要的保存环境也存在很大区别,如果把它们保存在同样的环境条件下,必然会使某些文物的材质受到影响,最终导致文物的损坏^[40]。《博物馆藏品保存环境试行规范》中给出了各类不同材质文物温度和湿度标准,可为文物保藏提供参考。

温度过高或者过低都会对文物产生损害效应。环境温度过高会使文物材质中的分子成为活化分子,导致文物的老化变质加快;环境温度过低(如露点温度以下)又会在文物表面产生结露现象,在文物表面生成的露珠同样破坏文物^[41]。温度对文物的影响主要表现在2个方面^[42]:一是温度因素直接作用产生的破坏结果;二是由温度变化引起其他因素的变化而对文物产生的间接破坏作用。直接破坏主要表现为不同材质构成的复合文物,由材料的不同热胀冷缩系数导致的体积变化以及变化速率的差异,使文物出现的开裂现象。例如,珐琅器在温差变化过度时产生的崩裂现象^[26]。间接破坏作用主要表现为由温度的变化导致对文物有不利影响的其他因素的变化。例如,温度变化引起的湿度变化,会不利于文物的保存;温度变化也会引起反应速率的变化,根据Arrhenius经验公式,在湿度范围内,温度每升高10%,反应速率便增大到原来的2~4倍^[43]。

通常所说的湿度是指相对湿度,即空气中的绝对

湿度与同温度下饱和绝对湿度的比值,该数值随着温度的变化而变化。对于大多数馆藏文物而言,相对湿度比温度存在更大的影响,是更重要的影响因素^[44]。环境相对湿度太高或者太低,或者波动速度太快,都会给文物藏品带来巨大危害,主要表现为容易吸收和释放水分的有机材料随着相对湿度的波动而膨胀或者收缩,由此产生的压力会导致文物出现裂缝甚至开裂。例如,湿度较大加速有机材料中纤维素的水解,有利于有机质文物的有害生物生长和繁殖,使由耐水性较差的有机材料制成的书画古籍文物褪色,水溶性有机染料发生扩散以致颜色变化或字迹扩散^[45]。相对湿度的增大还能增大文物的腐蚀反应速度。研究发现,相对湿度分别为58%、78%、95%时,氯化铜(CuCl_2)分别经24、4、2 h反应生成碱式氯化亚铜 $[\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2]$ ^[42]。此外,室内湿度环境还影响青铜器、铁器、骨质以及石灰质文物的保存。王丽琴等^[46]通过对取自秦兵马俑保管部战国时代的人腿股骨的研究发现,在不同的湿度下,老化400 d后的骨样在湿度为60%时抗弯强度达到最大值,骨纤维结构最致密;湿度为18%时样品极其酥脆,抗弯应力非常小,基本趋近于0。总之,对于馆藏文物而言,良好的温度和湿度环境是能进行长期保存的基础,可减少甚至杜绝其他相关联的文物腐蚀损害,因此实施有效的温度和湿度控制很重要。

5 博物馆管理存在的问题

伴随着博物馆旅游的兴起,世界各国博物馆都在经历着巨大的历史性变革,这既给博物馆的发展带来了机遇,也带来了挑战。文物保存涉及多方面的影响因素,博物馆的选址、布局,库房的选址、布局等都与文物的保存息息相关。黄福康^[47]从自然损害与人为损害2个角度出发,以一级风险标准为依据,提出应加强文物的防霉、防尘处理,在保护文物应该高标准、严要求的同时,也要增强管理员的科学保护意识。此外,文物展出周期、展柜材料状况及内空气质量等一系列问题,都必须依据文物特性而有所划定。如果文物管理不到位,实际活动中就容易使博物馆内环境受到破坏,甚至损害文物。王春等^[48]通过调查研究发现,对库内容易遭霉菌腐蚀的有机质地藏品缺少定时检查,就会使霉菌迅速蔓延,给藏品带来巨大损害。2002—2005年国家文物局委托中国文物研究所组织开展了全国馆藏文物腐蚀损失调查,全国共有50.66%的馆藏文物存在不同程度的腐蚀损害,其中重度以上的腐蚀馆藏文物占16.5%,分析发现文物库房条件不达标是造成馆藏文物腐蚀损失的主要原因。对于那些缺乏条件建设规范化文物库房的博物馆,首先应该配备文

物消毒设施,消灭附着在文物上的菌孢子和虫卵,文物保护应以预防为主^[49]。

合理的管理制度与科学的保存标准能够减弱甚至消除大气环境、人为因素等对文物的影响。美国有些博物馆在借出某些展品时,要求借入方提供展厅、展柜及辅导展品的原材料化验报告,以确保对借出艺术品不造成损害;为了保护艺术品,博物馆展品通常定期更换,中国书画一般每 6 个月更换一次;纺织品、漆器、木刻这些更脆弱的展品每 4 个月甚至更短时间更换一次;青铜器、陶瓷等的更换周期则较长^[50]。文物展览过程中按照高标准来保存文物,尤其要确保合格的展柜内空气质量、适当的展览时间,才会为借入、借出或保存的文物提供高水平保护。

6 结论

博物馆馆藏文物的自然损害,并非由单一因素所引起,而是由颗粒物、气态污染物以及细菌等综合作用所导致的。这些因素之间互相联系、彼此影响的协同作用更加重了对文物的破坏程度。近年来,对馆藏文物保护的研究虽取得了一定的进步,如纸张文物防老化、防霉变的研究;金属器物防腐蚀的研究等,但是馆藏文物涉及种类繁多,且不同保存环境下的文物所面临的室内空气质量有所不同,况且对文物的损坏是一个漫长动态的过程。在实际的保护工作中,积极采取预防措施,对不同类型的馆藏文物进行合理的分区,尽量确保相同温度、湿度等保存条件的文物处于一个管理区是必要的。

针对不同馆藏文物的特性,提出以下保护措施和方法:

1) 青铜器、铁器、金银器、金属币等文物的理想保存温度应该控制在 20℃左右,相对湿度控制在 0~40%,采取密闭保护,杜绝酸性气体、大气微生物的侵入对文物造成的破坏。

2) 陶器、陶俑、砖瓦、瓷器等文物的理想保存温度应该控制在 20℃左右,相对湿度控制在 40%~50%。此类文物对所处环境要求较高,应严格控制环境的温度、湿度变化,减小波动范围。同时由于酸性气体中的 SO₂ 等会腐蚀石灰质文物,使其表面粗糙、剥落, H₂S 等会和彩色颜料中的红色铅丹 (Pb₃O₄) 和白色铅白 (PbO) 反应生成黑色 PbS, 改变文物表面的色彩,因此文物保存时应杜绝酸性气体的侵入。

3) 漆器、木器、甲骨制品、角制器等文物的理想保存温度应该控制在 20℃左右,相对湿度控制在 50%~60%,采取密闭保护。

4) 纸张类、丝毛棉麻纺织品类文物的理想保存温度应该控制在 20℃左右,相对湿度控制在 50%~

60%。此类文物易受 SO₂、NO₂ 等酸性气体和大气微生物的破坏,SO₂ 会破坏此类文物的抗拉强度和抗弯强度,NO₂ 会使文物的颜料褪色,微生物等霉菌会使文物表面发生霉变,降低机械强度,破坏表面光泽度,所以要采取密闭保护。

参考文献 (References):

- [1] 边归国, 马荣. 大气环境污染对文物古迹的影响[J]. 环境科学研究, 1998, 11(5): 22-25.
- [2] 官委彦. 新时期如何做好博物馆管理工作[J]. 大众文艺, 2012 (10): 215-215.
- [3] YOON Y H, BRIMBLECOMBE P. The distribution of soiling by coarse particulate matter in the museum environment[J]. Indoor Air, 2001, 11: 232-240.
- [4] 董俊刚, 曹军骥. 博物馆室内大气颗粒物研究进展[J]. 环境污染与防治, 2007, 29 (2): 158-162.
- [5] CAO Junji, RONG Bo, LEE Shuncheng, et al. Composition of indoor aerosols at Emperor Qin's Terracotta Museum, Xi'an, China, during summer, 2004[J]. China Particuology, 2005, 3 (3): 170-175.
- [6] BRIMBLECOMBE P, YOON Y H. Soiling by coarse particles in the museum environment[EB/OL]. (2000-06-12) [2013-04-20]. http://iaq.dk/iap/iaq2000/2000_15.htm.
- [7] SABBIONI Cristina, GHEDINI Nadia, BONAZZA Alessandra. Organic anions in damage layers on monuments and buildings[J]. Atmospheric Environment, 2003, 37: 1261-1269.
- [8] CHANGS G, TOOSI R, NOVAKOV T. The importance of soot particles and nitrous acid in oxidizing SO₂ in atmospheric aqueous droplets[J]. Atmospheric Environment, 1981, 15: 1287-1292.
- [9] NOVAKOV T. The role of soot and primary oxidants in atmospheric chemistry[J]. Science of the Total Environment, 1984, 36: 1-10.
- [10] 张志军. 秦始皇陵兵马俑文物保护研究[M]. 西安: 陕西人民出版社, 1998.
- [11] 董俊刚, 曹军骥, 闫增峰, 等. 国庆黄金周期间兵马俑博物馆室内气溶胶有机碳与元素碳特征[J]. 中国粉体技术, 2009, 15(2): 46-49.
- [12] 杨雅媚, 曹军骥, 李库. 汉阳陵地下博物馆空气质量状况及其对文物的影响[C]// 中国颗粒学会气溶胶专业委员会. 第五届海峡两岸气溶胶技术研讨会论文集, 2008: 38-45.
- [13] CARDELL C, DELALIEUX F, ROUMPOPOULOS K, et al. Salt-induced decay in calcareous stone monuments and building in a marine environment in SW France[J]. Construction and Building Materials, 2003, 17: 165-179.
- [14] 胡塔峰, 曹军骥, 李旭祥, 等. 兵马俑博物馆冬季室内大气悬浮颗粒物与游客数量的关系[C]// 中国颗粒学会气溶胶专业委员会. 第五届海峡两岸气溶胶技术研讨会论文集, 2008: 135-144.
- [15] 李华, 容波, 马生涛, 等. 秦俑馆陶器库空气质量及其对彩绘陶器的影响[C]// 陕西省文物局. 第二届秦俑及彩绘文物保护与研究国际学术研讨会论文集, 2009: 61-66.
- [16] REDDY M K, SUNEELA M, SUMATHI M, et al. Indoor air quality at Salarjung Museum, Hyderabad, India[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2005, 105: 359-367.
- [17] THOMSON G. 博物馆环境[M]. 国家文物局博物馆司, 甘肃省文物局, 译. 北京: 科学出版社, 2007.
- [18] 李华, 曹军骥, 杨雅媚, 等. 秦兵马俑博物馆陶器库房冬季室内空

- 气质量初步研究[J]. 中国粉体技术, 2009, 15 (2): 50-55.
- [19] 于迪力. 空气污染对文物的危害[J]. 陕西环境, 2003, 10 (6): 31-33.
- [20] JUAN LUIS P B, MIGUEL A B. Modeling sulfur dioxide deposition on calcium carbonate[J]. Industrial Engineering Chemistry Research, 2003, 42: 1028-1034.
- [21] 郭宏. 文物保存环境概论[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [22] 余健. 博物馆文物馆藏环境调查研究: 以四川广汉三星堆博物馆为例[J]. 科技资讯, 2010, 30: 186-187.
- [23] 徐飞高, 高士祥. 大气污染对石灰质文物的风化影响及防护新材料[J]. 环境科学与技术, 2008, 31 (3): 35-38.
- [24] 张承志. 保藏学原理[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1999.
- [25] 罗曦芸. 大气中 SO_2 和 NO_x 的检测及其对文物的危害与预防[J]. 实验室研究与探索, 1999 (6): 52-56.
- [26] 陈元生, 解玉林. 影响文物保存的环境因素[J]. 文物保护与考古科学, 1998, 10 (2): 37-43.
- [27] CAMUFFO A D, BRIMBLECOMBE P, van GRIEKEN R, et al. Indoor air quality at the Correr Museum, Venice, Italy[J]. The Science of the Total Environment, 1999, 236: 135-152.
- [28] 胡星明, 毕建洪. 青铜文物腐蚀与保护研究[J]. 安徽大学学报: 自然科学版, 2007, 31(4): 77-80.
- [29] 刘博, 魏国锋. 馆藏青铜器综合保护方法[J]. 博物馆研究, 2003 (3): 88-91.
- [30] 徐方圆, 吴来明, 解玉林. 武汉博物馆文物保存环境研究[J]. 文物保护与考古科学, 2007, 19 (1): 8-17.
- [31] SCHIEWECK A, LOHRENGEL B, SIWINSKI N, et al. Organic and inorganic pollutants in storage rooms of the Lower Saxony State Museum Hanover, Germany[J]. Atmospheric Environment, 2005, 39: 6098-6108.
- [32] 陈元生, 解玉林, 金鑫荣, 等. 博物馆内主要污染气体的检测及其分布状况的研究[J]. 文物保护与考古科学, 1990, 2 (1): 6-13.
- [33] NIESLER A, GORNY R L, WLAZLO A, et al. Microbial contamination of storerooms at the Auschwitz-Birkenau Museum[J]. Aerobiologia, 2010, 26: 125-133.
- [34] 王蕙贞, 冯楠, 宋迪生. 考古发掘现场环境突变对出土文物的破坏及应急保护研究[J]. 边疆考古研究, 2008, 7 辑: 303-313.
- [35] 田金英, 王春蕾. 霉菌对文物的影响初探[J]. 中国博物馆, 1999 (1): 82-86.
- [36] 张欢. 博物馆文物保存环境及其对文物的影响[C]// 中国化学会. 中国第八届科技考古学术讨论会暨全国第九届考古与文物保护化学学术研讨会论文集, 2006: 510-512.
- [37] 武望婷, 何海平, 闫丽, 等. 首都博物馆空气中细菌的分离鉴定及在文物保护中的意义[J]. 文物保护与考古科学, 2012, 24 (1): 76-82.
- [38] 潘慧琳. 文物修复与养护[M]. 沈阳: 万卷出版社, 2004.
- [39] 王博. 影响纸质文物的五大环境因素[J]. 中国文物科学研究, 2011 (2): 62-66.
- [40] 田金英, 王春蕾. 环境因素对有机质材料色度影响的试验研究[J]. 文物保护与考古科学, 2007, 19 (4): 13-22.
- [41] 田金英, 王方, 隗亚林. 环境对文物的影响及故宫博物院的环境调查[J]. 中国博物馆, 1994(1): 76-82.
- [42] 王成兴, 尹慧道. 文物保护技术[M]. 合肥: 安徽大学出版社, 2005.
- [43] 康立娟, 朴凤玉. 普通化学 [M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [44] READ Fergus, 罗晓东. 温度和干湿度对文物的影响[J]. 艺术市场, 2009(5): 60-63.
- [45] 贾文忠. 温湿度对文物的损坏[N]. 中国文物报, 2001-07-22(3).
- [46] 王丽琴, 程德润, 党高潮, 等. 湿度对骨质文物的影响及最佳存放湿度的研究[J]. 文物保护与考古科学, 2002, 14(1): 12-14.
- [47] 黄福康. 博物馆文物库房标准的探讨[J]. 文物保护与考古科学, 2002 (增刊 1): 192-203.
- [48] 王春, 周理坤, 彭祥凤. 馆藏文物霉菌综合治理方法[J]. 中国文物科学研究, 2010 (1): 61-63.
- [49] 张志勇. 浅谈文物保护以防为主[J]. 中国文物科学研究, 2009 (4): 54-57.
- [50] 段勇. 当代美国博物馆[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

浙江丰利和宁波工程学院组建粉体材料实验室

日前,在宁波工程学院与中国科学院宁波材料技术与工程研究所合作共建的材料学院成立仪式上,国家高新技术企业浙江丰利粉碎设备有限公司董事长兼总经理余绍火向材料学院捐赠了价值 50 万元的超微粉体设备,用于组建丰利粉体材料实验室。该粉体材料实验室的建设以产、学、研融合为特色;建立多品种粉体材料中试、扩大试验及必要的小实验研究平台。实验室通过双方的优势互补,将培养一批既懂技术又懂市场,具有强烈开拓创新精神的复合型人才,形成一系列具有前瞻性、原创性的核心技术,承担粉体材料等方面的重大科技项目,提升双方在粉体材料科研领域的竞争力。

宁波工程学院是浙江省唯一被教育部确定的全国示范性高等工程专科重点建设学校,学院是一所以工科为主,管理、经济、文学、法学等多学科的全日制普通本科院校。中国工程院薛群基院士为材料学院首任院长。浙江丰利粉碎设备有限公司是我国超微粉碎设备的行业龙头企业,享有“中国粉碎机专家”的美誉,所开发的多项设备技术被评为国家新产品、国家重大产业技术开发专项、国家火炬项目和浙江名牌产品,代表着我国粉碎设备的研发水准。

材料科学是 21 世纪 3 大支柱性高新技术之首。新材料产业是工业经济发展的朝阳产业。新材料是“十二五”时期宁波“4+4”产业升级工程中的 4 大战略性新兴产业之一。宁波工程学院把大学和研究所、知名企业集聚的教育资源和科研优势、技术应用结合起来,共同探索“科教融合”,培养创新性应用人才,推进产学研一体化进程,努力使新材料研发和相关专业人才培养更好地服务于宁波材料产业的发展。

浙江丰利和宁波工程学院自 2007 年开始产学研合作 6 年来,不论在学术交流还是项目开展上,都取得了明著的成效,尤其在超微粉碎技术与绿色环保产业、资源再生利用有机结合方面成果斐然。如双方共同承担的“皮革废弃物用作橡塑填充材料技术开发及产业化”项目列入浙江省重大科技专项,并已通过验收,为皮革废弃物资源的循环利用开辟了一条新途径。

(吴红富)

(浙江丰利热线:0575-83105888、83100888、83185888、83183618;网址:www.zjfengli.com)