低氧气调技术在文化遗产保护领域的应用前景及问题

刘家真

摘要 基于文献调研与相关实际工作调查,对低氧技术在文化遗产保护领域的应用进行梳理,并特别对我国文化遗产保护领域的低氧气调技术应用进行了概览,同时结合我国文化遗产的具体特点,探讨低氧气调产品设计中的关键技术和重点研究问题,包括气密材料的选择及气密工艺、气调环境设计,以及木刻板的灭虫与安全存储研究、柔性低氧气调存储设备研究。参考文献9。

关键词 低氧 气调 文化遗产保护 应用前景 关键问题

Prospects and Problems of Application of Anoxic-Treatment and Modified Atmosphere Technology in Cultural Heritage Protection

Liu Jiazhen

Abstract: Based on the survey of literature and related practical work, the paper reviews the application of anoxic treatment technology in the field of cultural heritage protection and especially gives an overview of the application of anoxic treatment and modified atmosphere technology in China. At the same time, combined with the characteristics of China's cultural heritage, the key technologies and research issues in the design of anoxic treatment and modified atmosphere products are discussed, including the selection of air-tight materials, the design of air-tight process and modified atmosphere environment, the research on safe storage and pest control in the woodcut, and the study on the flexible anoxic storage equipment. 9 refs.

Keywords: Anoxic Treatment; Modified Atmosphere; Cultural Heritage Protection; Prospect of Application; Key Issues

低氧是指低于空气当中 20.9% 的氧气浓度,是任何一种生理性氧气不足或组织需氧量不足的状态^[1],如今低氧技术已经成为维护文化遗产安全的一项重要手段。我国台北故宫博物院在 20 世纪末制作了“常态低氧除虫器”,并将它用于珍善本入藏前的检疫,取代了入藏前人工对书本是否有虫的翻检。台北故宫博物院“常态低氧除虫器”的设计原理非常简单:将透明的压克力材料制成密封箱,用氮气不断地将密闭环境内的氧气置换出来,最终使密闭容器内的氧气浓度达到 0.1% 以下,并保持三周以上,从而杀死书中害虫。这台设备不需用电,一天 24 小时连续运作,文献在里面放置三周即可安心入藏^[2]。随后,台湾地区的“中央图书馆”等机构相继引进该类设备,用于排除书虫隐患与书虫灭杀^[3]。时至今日,低氧技术在文化

遗产保护领域中的应用已相当广泛,成为了不可或缺的技术设备。

1 低氧技术在文化遗产保护领域的应用

目前,国际上低氧技术在文化遗产保护领域的应用主要体现在 4 个方面:低氧陈列,低氧防火库房,控制生物危害,以及文化遗产的长期存储。

低氧陈列是指将珍贵馆藏,如文物或珍贵古籍等,在受控环境中展示,减缓或避免陈列品表面的氧化和褪色。该技术在文物部门使用较多,除用于文物展出外,还可用于文物库房建设,低氧透明开放环境中存储的文物不仅可以得到有效保护,而且可以长期展示。图书不同于文物,对其利用的实现必须通过翻阅,这类开放式低氧库房并不适用于图书阅览,但低氧气调环境下展示珍贵

藏品仍然必要。

下面主要对低氧防火库房、控制生物危害以及文化遗产的长期存储进行较为详细的论述。

1.1 低氧防火库房

燃烧需要三个基本要素:燃料、热和充足的氧。当氧气浓度低于 17% 时,可燃物在空气内不可能被点燃;而人在氧气浓度为 17% 的环境下工作时不会窒息,使人窒息的氧气浓度为 6%—8%^[4]。低氧防火库房的氧气浓度控制在 17% 以下而又不低于 8%,由于燃烧无法进行,火灾风险为零。但同时在这种环境中,人仍然可以进行短时间的库内活动。

减少氧气是国际社会公认的最佳防火方法,通过结合必要的报警系统和安全措施,可以确保低氧库房工作人员的生命安全。如,大英图书馆于 2012 年在圣潘克拉斯建成的 6000m³ 新书库就应用了低氧保护技术,库内氧含量长期控制在 10%—15% 范围内^[5];梵蒂冈教皇图书馆的每个藏书室都是一个独立密闭的低氧防火库房。就我国而言,低氧防火库房最适合建设长期保存珍贵古籍的地下库,特别是藏品永久存储库的建设。这类图书在制作成数字化产品后,其原件就完成了直接为读者利用的使命,为保存自身文化价值,它需要尽可能地永久留存在世。地下库可以做到密封性最好,在低氧环境下配备适当的环境控制系统,不仅避免了火灾的发生,而且还可以轻松维持长期储存所需的最佳湿度和温度,为珍贵藏品的永久保存提供最好的条件。

1.2 控制生物危害

低氧环境可以抑制微生物生长,可以杀死昆虫。利用低氧技术控制生物危害主要有两个方面的作用:一,抑制微生物对某些文物或艺术品的危害;二,杀灭任何藏品内的昆虫,无论是纸张、织物还是木制品、象牙等骨制品和标本等。低氧灭虫的优势主要有以下五点:

(1)安全与纯天然。文化遗产保护领域的安全,是指对藏品、人(读者与管理人员)、以及人类生存的自然环境安全。利用低氧环境灭虫,没有

使用化学品,不可能有化学残留物,所以对人、物及环境都是安全的。低氧环境灭虫是纯天然灭虫法,其安全系数能满足最严格的食品安全法规。此外,只要具备足够的时间与低氧环境,最难杀死的虫卵和耐抗性很高的昆虫也必死无疑。因为,任何生命的存在都必须有氧气。

(2)解决了昆虫的耐药性问题。随着环境污染的日益严重,昆虫的抵抗力不断增强。低氧灭虫没有使用化学品,也就意味着不存在昆虫的耐药性问题,这是对化学法灭虫的一个很大改进。

(3)解决了某些材质不宜使用化学法、冷冻法杀虫的问题。有些藏品的材质可能对某些化学熏蒸剂敏感,会发生如变色、褪色等变质反应,导致无法采用化学法灭虫;还有不少藏品不适于采用低温冷冻法灭虫,如有涂层的纸(铜版纸等)、油画、彩绘书画、皮封面以及象牙、骨制品等文物,以及易碎标本等^[6]。这些都可以采用低氧方式灭虫。所以说,低氧杀虫要比化学杀虫、冷冻杀虫的适应面更广。在整个低氧灭虫环境中,气压很重要。质地轻薄的藏品,在失去大气压的环境中容易破损;过高的压力也会使藏品损坏。但压力若不到位,那些布满空腔的材质(例如木头、骨头内、书脊内、书砖的虫道内等),其内部的氧气可能很难排空到低氧状况,使得藏匿在这些部位的虫子难以致死。有了气调这些问题就可迎刃而解。

(4)可对整库或整架藏品进行处理。低氧灭虫需在绝对密封的环境中进行,这与化学熏蒸法类似,所以它也被称为“惰性气体熏蒸法”。化学熏蒸能够在多大空间内完成灭虫,低氧技术就可以在同样空间内完成灭虫作业,借助的工具是刚性低氧灭虫系统与柔性低氧灭虫系统。所谓刚性低氧灭虫系统,是指杀虫空间围护结构是刚性的,如彩钢板、玻璃、水泥、聚氨酯保温板等。柔性低氧灭虫设备的杀虫空间围护结构用高阻隔膜等材质支撑,例如柔性袋、柔性帐篷等。后者不受杀虫设备空间限制,可以依据需求量身定制杀虫空间,这样就可对整库或整架的藏品集中灭虫。

非紧急情况下,低氧灭虫可以取代化学熏蒸

法,即不要求在很短时间(如几个小时)内灭虫时,低氧技术都可以取代化学熏蒸法完成大规模的集中灭虫。

(5)低氧灭虫设备的可移动性解决了藏品私密性管理要求。与冷冻灭虫不同,低氧灭虫可以做到藏品不出库,因为低氧灭虫设备可移动,可直接在库内完成杀虫工作,从而解决了很多重要文化遗产灭虫期间的安全问题。

1.3 文化遗产的长期存储

低氧存储主要是为脆弱或珍贵的有机材质的文化遗产提供保护环境,避免其受到外界气候的影响及害虫危害,延长其保存寿命。此外,低氧存储还有助于无机物藏品材质的防腐蚀,如敏感金属(如考古发掘出的铁)和矿物质(硫化铁矿)等。

低氧技术在文化遗产长期存储方面的应用与低氧库房不同,它非常具有个性化,可以按照用户需求制作个性化装具,刚性设备、柔性设备全部都可以派上用场。

低氧技术在文化遗产长期存储方面的一个重要优势是,其费用比全面使用空调系统更低,保护效果更好,日本很多图书馆的珍贵藏品都保存在低氧环境中。

2 低氧气调技术在我国文化遗产保护中的应用

我国港台地区在利用低氧技术保护文化遗产方面基本与国际同步,我国大陆地区将低氧技术用于文化遗产保护领域也不算太晚,本世纪初就已有相关应用。最初是低氧封存文物,后来发展到低氧杀虫,但这些前期应用都存在一个共同问题,即没有引入气调技术。这对于文化遗产材质本身有很大安全风险。

低氧气调技术是低氧技术中的一种。低氧技术强调的是被处理空间内的氧气浓度必须稳定地控制在低氧状态,至于是通过什么方式达到该浓度,可不予考虑。低氧气调技术强调的是气调与低氧,不仅密闭环境内的氧气浓度必须持续

维持在低氧状况,还必须填充洁净的惰性气体,使该低氧环境的压力达到预计的要求。低氧气调技术可以用于藏品的长期保存,也可用于藏品灭虫。前者的氧气浓度一般在3%—5%左右,而后的氧气浓度则更低,一般在0.3%以下,氧气浓度越低,灭虫所需时间越短^[7]。

目前,国内已经将低氧气调技术运用于文化遗产保护领域并已有相当规模与影响力的是天津森罗科技股份有限公司。此外,中国航天科技集团公司一院战术武器事业部正与国家图书馆合作,设计用于文化遗产保护的低氧气调产品。

天津森罗科技股份有限公司较早地将低氧气调技术应用到文化遗产保护领域,并开发了有关低氧气调保护的系列产品,如:低氧气调储藏柜(首都博物馆、海南省博物馆使用)、低氧气调杀虫系统(桂林市博物馆、海南省博物馆、青岛市博物馆、汕头市博物馆、天津市博物馆、中国丝绸博物馆以及南京栖霞古寺使用)、低氧气调展示柜(新疆维吾尔自治区博物馆使用)、低氧气调库房(首都博物馆、中国丝绸博物馆使用)和考古发掘即时保护平台(南昌海昏侯发掘现场使用)^[8]。2016年底,该公司利用低氧气调设备较好地解决了南京栖霞古寺的古籍灭虫问题。鉴于刚性的灭虫设备无法进入藏经楼,柔性灭虫设备发挥了较好作用,经过两个月的低氧充氮灭虫处理,蠹虫基本全灭。国家档案局档案科学技术研究所采用基恩士三维显微镜对经书内害虫的杀灭情况进行了鉴定,未发现活虫,其所杀灭的虫种包括烟草甲、毛衣鱼、黑毛皮蠹、袋衣蛾等。2017年7月,该公司使用刚性低氧充氮灭虫设备对海南省博物馆的鱼篓(竹子材质)进行灭虫,柜内温度为 $(25\pm 1)^{\circ}\text{C}$,湿度控制在 $(50\pm 5)\% \text{RH}$,柜内氧含量在1.0%—0.7%范围内,经过10天杀灭竹蠹。

近两年来,中国航天科技集团公司一院战术武器事业部与国家图书馆加强合作,将低氧气调技术与航空材料结合起来,设计出低氧气调古籍保护箱,不仅具有安全存储古籍的功能,还能使箱内形成低氧及恒温恒湿环境,同时兼具耐受短时间火烧、入水飘浮等性能^[9]。

目前,低氧气调技术在我国文化遗产保护领域已经得到应用,但其保护的對象主要还是纸张与丝绸类藏品。

3 低氧气调产品的关键技术和需研究的问题

绿色、节能、环保的低氧气调产品,看似结构简单,但真正要达到文化遗产保护的要求并非十分容易。

3.1 低氧气调产品的关键技术

低氧气调产品的关键在于设备自身的气密性与能够满足文化遗产保护的要求,这两点均非轻而易举可以实现。

(1) 优良的气密材料与技术

低氧气调技术的核心在于低氧,要实现持续地在密封环境内保持低氧浓度,至少应满足以下两方面要求:

1) 密封材料有极高的气密性

文化遗产保护领域对低氧气调设备的气密性要求高于其它领域,密封材料的质地必须具备很好的气密性,能够阻隔水汽与空气的渗透,才能够保持低氧环境的低氧浓度恒定。如低氧杀虫需要密封设备材料的气密性能够保持至少2个月以上,低氧存储要求密封设备材料的气密性维持在10年以上。

一般说来,刚性设备对这些要求较为容易满足。柔性材料的气密性很难达到上述要求,能够满足这些要求的柔性密封材料无论在国内还是国外,价格都极高。而柔性低氧气调设备因灵活方便,特别是可以按需设计产品,在文化遗产保护领域中的应用最广。

2) 密封口有极高的气密性

无论是柔性设备还是刚性设备,都设有接口,接口的气密性设计非常关键。气密性再好的材料,若接口不能够阻断外界空气或水汽的侵入,低氧是无法实现的,这对于柔性设备的接口而言尤为困难。

(2) 科学地选择气调环境

用于文化遗产保护领域的低氧气调技术在设计密封环境的压力、温度和湿度等时,除考虑

既定的目的(如杀虫或安全存储)外,还必须考虑藏品材质的特点,而这必须基于多学科合作的基础。例如,关于灭虫,加大气压可以缩短杀虫时间,但必须要考虑藏品的材质是否可以承受,纸张和丝绸等轻薄材质的藏品、易碎的动物标本等,就不能够在过高的压力下灭虫;对于布满条沟状虫道的书,如何在正常压力下快速置换出空穴内部的氧气,使虫道内的氧气浓度也在合理范围内,就需要辅以更多的其它办法;提高低氧环境的温度可以加快灭虫速度,但这对藏品材质可能会带来损坏,如何找出不同材质藏品在低氧环境中的最佳杀虫温度非常关键,如何在低氧气调环境中特别是柔性低氧气调设备中控制与检测该温度和湿度,又是一个难题。目前,国内在这些方面的研究仍属空白,全凭借感觉和经验掌控,需要我们不断探索和总结规律。

低氧气调技术已经成为国际上文化遗产保护的利器,我国也有越来越多的产业正在朝该领域迈步,或正在摸索前进。在这种背景下,开展低氧气调技术的文化遗产保护研究非常必要与迫切。

3.2 需研究问题

鉴于问题的提出源于该领域的实践,而问题的解决也必须在实践中进行相关的研究,同时考虑到3.1部分所提出的关键技术和我国文化遗产的具体特点,笔者认为必须以产学研结合的方式加快研究以下问题,学界、业界、图书馆及博物馆相结合的共同攻关研究显得十分必要。

(1) 木刻板的灭虫与安全存储研究

由于历史原因,我国古代雕版流传下来的已经极少,再加上很难避免的虫害,导致损毁严重。除此之外,现代各类木质刻板也在遭遇如何避免虫害侵入的问题。相对而言,木制品的低氧气调存储较为容易解决,如可使用低氧气调存储柜,而对于木刻板的灭虫问题则较难解决。

长期以来,我国文物部门大多采用每年一次的化学熏蒸法灭虫,包括对雕版存储库的化学喷杀消毒,但这无疑是越来越难的选择,因为环氧乙烷作为

熏蒸剂已经是国际上公开禁止使用的。即或采用其它化学熏蒸剂也同样存在污染环境、危害人体健康等问题,如熏蒸后木头内化学品残留物对人的影响、库房消毒后的化学品对人与环境的影响等。低氧气调灭虫无疑是最佳解决方案,但关键问题是,木头不同于纸张,木头含有更多的空穴,空穴内的氧气如何置换出来,在什么气压或置换方法下才能达到低氧状态,这个问题需要研究。

目前,国外对木制品虫害的低氧气调处理已有一定研究,但对我国雕版的处理没有相关研究。我国雕版的字体凸出,若压力或湿度控制不好,字体可能会受损。关于消灭木制品内虫害的低氧技术参数,亟需高校、保存刻板的馆室以及低氧气调灭虫企业共同开展研究与探讨。

(2) 柔性低氧气调存储设备研究

刚性的低氧气调存储设备已经研制成功并投入产业化生产和利用,但刚性设备的灵活性较差,不易更换位置或满足库房框架既定的需求。柔性设备比刚性设备更加灵活,可以在已有框架的基础上进行处理,满足长期存储珍贵藏品的需求。特别是随着古籍数字化的日益广泛,低氧气调存储能够满足数字化后的古籍对其文化价值的永久保留,柔性设备对于保护经费不够充足、保管环境不够理想的藏品库而言,显得尤为实用。

在我国藏品库中设计出柔性低氧气调产品需要研究的关键问题包括:何种柔性设备形式既能满足藏品管理人员的管理需求,又便于解决低氧气调控制;何种柔性材料可以保障十年或五年内低氧浓度不变等。

低氧气调技术在文化遗产保护领域具有广泛的应用前景,对于研制文化遗产保护产品的企业来说是巨大的商机,但只有解决了应用中的关键问题才可能普遍推广。这不仅需要对产品硬件加以研究,更多地还需要文化遗产保护业务工

作的一线管理人员积极出谋划策,广泛参与研究,方可使关键问题迎刃而解。

参考文献

- 1 低氧 [EB/OL]. [2018-01-12]. <http://baike.baidu.com/item/%E4%BD%8E%E6%BO%A7>.
- 2 杨时荣. 低氧处理在图书保存与虫菌防治上的应用 [EB/OL]. [2016-07-05]. <http://www.nlpi.edu.tw/PublishArticle.aspx?KeyID=dbd08577-16fb-448b-bcf7-b5b9fad61c07>.
- 3 台湾故宫博物院 98 年度施政目标与重点 [EB/OL]. [2016-07-05]. <https://www.npm.gov.tw/zh-TW/down.ashx?sNo=10004558>.
- 4 FAQ Services - Anoxic Disinfestation [EB/OL]. [2016-03-09]. <http://www.rgi-genova.com/en/disinfestazione/34/faq-services--anoxic-disinfestation.html>.
- 5 中国档案资讯网. 低氧技术成为珍贵档案保护虫害防治新方向 [EB/OL]. [2016-07-05]. <http://daj.dg.gov.cn/daj/dayj/201707/8ffb2db1a48c4f59b330fff9ca500728.shtml>.
- 6 NEDDC.3.10 Integrated Pest Management [EB/OL]. [2014-12-03]. <http://www.nedcc.org/free-sourees/preservation-leaflets/3.-mergeney-management/3.10-integrated-pest-management>.
- 7 夏滄琪. 低氧法 [EB/OL]. [2016-07-15]. <http://terms.naer.edu.tw/detail/1678628/>.
- 8 硅谷网. 古籍保护如何借力当代科技发展 森罗股份给出答案 [EB/OL]. [2017-07-05]. <http://www.guigu.org/news/qiye/20170705103082.html>.
- 9 中国航天报. 航天科技一院战术武器事业部研制古籍整体战备库系统记 [EB/OL]. [2017-06-23]. <http://www.spacechina.com/n25/n144/n206/n220/c1672090/content.html>.

(刘家真 教授 武汉大学信息管理学院)

收稿日期:2017-09-04