

从保存环境温湿度推荐标准的变化管窥预防性保护的发展进程

□ 闫智培 1. 国家图书馆古籍馆
2. 古籍保护科技文化和旅游部重点实验室

“预防性保护”(Preventive conservation)即对文物实现有效监控预防文物被破坏或加速老化,是 1930 年在意大利罗马召开的国际文物保护研讨会上首次提出的概念。两次世界大战期间,许多藏品由于保存环境湿度过高而受损,随后大英博物馆、法国卢浮宫、比利时博物馆、哈佛大学的福格艺术博物馆等机构都开始研究环境对藏品的影响。上世纪 50 年代以来,国际历史与艺术品保护研究所(IIC, International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works)、国际文物保护与修复研究中心(ICCROM, International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property)、国际博物馆协会(ICOM, International Council of Museums)、国际古迹遗址理事会(ICOMOS, International Council on Monuments and Sites)等国际性组织与英国文物保护研究所(ICON, The Institute of Conservation)、加拿大文物保护研究所(CCI, Canadian Conservation Institute)、美国盖蒂文物保护研究所(GCI, The Getty Conservation Institute)等国家级研究机构相继成立,开展了众多与藏品保存环境相关的研究工作。

随着保存环境对藏品影响的研究工作不断深入,为了更好的对藏品开展预防性保护,国际标准化组织、欧洲标准化委员会和我国标准化委员会均提出了多项保存环境相关标准来规范藏品保存环境。并且,随着研究的不断深入,随着标准在实际应用中发现问题,随着社会发展不断有新问题、新挑战出现,陆续有标准被修订、有新标准被提出、有标准被替代。因此,保存环境标准像一座座里程碑记录着预防性保护的发展。

在保存环境条件中,环境温度和相对湿度非常关键。因为:首先,环境温度和相对湿度直接影响藏品寿命,环境温湿度水平直接决定了预防性保护的质量;其次,目标环境温湿度通常要通过机械设备调节实现,其水平直接影响预防性保护的能源成本和不可再生能源消耗。因此,环境温度和相对湿度推荐标准是藏品保存环境标准的重要组成部分。同时,环境温度和相对湿度是可测量、易量化、易理解的指标。并且随着预防性保护的发展,藏品保存环境标准中推荐的环境目标温湿度的设定方法也不断发展和变化。所以,本文通过分析藏品保存环境标准中推荐的环境目标温湿度设定方法的变化来管窥预防性保护的发展进程。

根据藏品保存环境标准中推荐的环境目标温湿度设定方法的变化可以将预防性保护的发展大致分为 4 个阶段。

一、基础理论研究阶段

国际通用的研究藏品寿命和适宜保存环境温湿度条件的方法是:先将某种介质藏品进行高温和/或高湿加速老化,然后基于阿伦尼乌斯方程预测藏品寿命,再外推到较低的环境温

度和相对湿度,最后推算出特定介质藏品适宜的温度和相对湿度范围。经过多年的实验研究,2000 年前后相关标准技术委员会提出多项藏品耐久性和保存环境相关标准。其中,国际标准化组织提出的具有代表性的标准有:文献工作技术委员会(ISO/TC 46)发布了 ISO 9706-1994《信息和文献 文件用纸耐用性要求》(Information and documentation - Paper for documents - Requirements for permanence)。电影技术委员会(ISO/TC 36)发布了 ISO 12606-1997《电影 电影和电视用磁性录音素材的保护和保存》(Cinematography - Care and preservation of magnetic audio recordings for motion pictures and television)和 ISO 10356-1996《电影 硝酸盐片基影片的存储和运输》(Cinematography - Storage and handling of nitrate-base motion-picture films)。摄影委员会(ISO/TC 42)发布了 ISO 18902-2001《成像材料 加工的摄影胶片、板和纸文件归档盒和保存柜》(Imaging materials - Processed photographic films, plates and papers - Filing enclosures and storage containers); ISO 18911-2001《成像材料加工的安全摄影胶片保存规程》(Photography - Processed safety photographic films - Storage practices)、ISO 18918-2000《成像材料 处理过的照相干版保存规程》(Imaging materials - Processed photographic plates - Storage practices)、ISO 18920-2000《成像材料 处理过的摄影反射光印相保存规程》(Imaging materials - Processed photographic reflection prints - Storage practices)、ISO 18923-2000《成像材料 聚酯基磁带保存规程》(Imaging materials - Polyester-base magnetic tape - Storage practices); ISO 18925-2002《成像材料 光盘介质保存规程》(Imaging materials - Optical disc media - Storage practices)。上述 ISO 标准分别针对纸张、录音材料和不同成像材料提出了保存要求。

在纸张耐久性要求和照片、胶片、光盘等介质藏品理想保存条件明确的基础上,国际标准化组织文献工作技术委员会(ISO/TC46)发布了 ISO 11799-2003《信息与文献 档案馆和图书馆材料的文献保存要求》(Information and documentation - Document storage requirements for archive and library materials),提出了档案馆和图书馆常见的纸张、照片、胶片、光盘等藏品适宜的保存环境温度 and 相对湿度范围和可接受的波动区间,详见表 1 和表 2。

表 1 纸质藏品保存温湿度条件推荐

保存需求	温度			湿度			参考文献
	最小	最大	最大日较差	最小	最大	最大日较差	
最优保存	2	18	±1	30	35	±3	ISO 11799-2003
使用	14	18	±1	35	50	±3	ISO 11799-2003
短期	-	26	±2	-	65	±5	GB/T 27703-2011
长期	16	24	±2	45	60	±5	GB/T 27703-2011
永久	12	16	±2	35	45	±5	GB/T 27703-2011

表 2 多媒体材料长期保存温湿度条件推荐

基材	记录层	相对湿度		最大温度	参考文献
		最小值	最大值		
玻璃盘	黑白影像	30	40	18	ISO 18918
硝酸纤维素	黑白影像	20	30	2	ISO 10356
乙酸纤维素	黑白影像	20	50	2	ISO 18911
		20	40	5	
		20	30	7	
	彩色影像	20	50	-10	
		20	40	-3	
		20	30	2	
聚酯	黑白影像	20	50	21	ISO 18911
	彩色影像	20	50	-10	
		20	40	-3	
		20	30	2	
	磁带	15	50	11	ISO 18923
		15	30	17	
		15	20	23	
纸	黑白影像、 电子影像、 银染料漂白	30	50	16	ISO 18920
	喷墨显色、 Dye-sub	30	50	2	ISO 18920
		30	40	5	
聚碳酸酯	CD	20	50	23	ISO 18925

紧跟国际标准化委员会步伐，我国标准化委员会也提出了不同藏品的保存环境标准。全国文献影像技术标准化委员会(SAC/TC 86)提出了 GB/T 15737-1995《缩微摄影技术 银-明胶型缩微胶片的冲洗与保存》(现已被 GB/T 15737-2014 替代，温湿度范围无变化)，其中推荐了银-明胶型缩微胶片的中期和长期保存的最高温度和相对湿度范围；全国感光材料标准化技术委员会(SAC/TC 86)发布的 GB/T 18444-2001《已加工安全照相胶片贮存》等同采用自 ISO 5466-1996《摄影技术 已冲洗安全照相胶卷贮存规程》(Photography - Processed safety

photographic films - Storage practices), 提出了胶片中期和长期保存的最高温度和相对湿度范围。全国信息与文献标准化技术委员会(SAC/TC 4)于 2011 年发布了 GB/T 27703-2011《信息与文献 图书馆和档案馆的文献保存要求》,该标准修改采用自 ISO 11799-2003,为不同保存等级的藏品分别提出理想的保存环境温度和相对湿度范围。

上述一系列藏品保存环境标准的提出标志着保存环境对不同介质藏品老化的影响已经基本明确,预防性保护的基础理论研究工作已经初步完成。

二、理论与实践相结合阶段

虽然不同介质藏品的保存环境推荐标准已提出。但是,在现实情况下,档案和图书管理者常面对需要保存多种介质藏品(诸如胶片、印刷品和磁带等)的情况。档案馆和图书馆还常包含不破坏藏品完整性无法分离的不同介质。并且藏品通常是相同或类似类别的邻近保存以便于使用,而不是根据藏品的介质。成本和操作不便抑制了不同环境条件的设置。因此,要求管理员为每种介质的藏品都提供最理想的保存环境条件不现实,也难以操作。此外,即使是单一介质的藏品库房,由于气候或经济原因,创造和维持长期、理想又稳定的藏品保存环境条件也可能存在困难。在这些情况下,保存环境不得不对相关标准推荐的条件发生一些偏离,从而会对标准中预期的生命周期产生一些危害。

国际标准化组织摄影委员会(ISO/TC 42)于 2006 年发布了 ISO 18934-2006《成像材料多媒体档案保存环境》(Imaging materials - Multiple media archives - Storage environment)(已被 ISO 18934-2011 替代,保存环境温湿度标准无明显变化)。该标准评估了四种环境条件的保存质量(表 3),并总结了不同保存环境对多种介质材料的适用性。随后,国际标准化组织文献工作技术委员会(ISO/TC 46)也基于 ISO 18934 于 2015 年对 ISO 11799-2003 进行了修订,不再为各种藏品推荐具体温湿度范围,而是提出一般性的气候条件(同表 3)供藏品管理者根据自身情况选择。

表 3 四种环境条件的保存质量

条件	温度范围/℃	适用性
室温	16-23	一般
凉爽	8-16	好
寒冷	0-8	很好
零下	-20-0	对一些材料有必要,例如彩色照片和胶片
假定每种条件的相对湿度都在 30%-40%		

ISO 18934 和 ISO 11799-2015 的提出标志着预防性保护已经迈入理论与实践相结合的阶段,标准可以指导管理者在充分理解环境条件对不同介质藏品影响的基础上,结合藏品管理、保存和使用的实际情况做出环境条件的最优选择。

三、战略设计阶段

有机吸湿材料（书籍、照片、胶片等均属于此类材料）在不同程度上易受环境相对湿度变化的影响，在吸附和释放水分以适应不断变化的环境条件的过程中，材料的平衡含水率发生变化。平衡含水率的变化会导致材料的尺寸变化，从而导致高强度的应力和物理损伤，如断裂和变形。以旧书为例，在环境相对湿度变化时，由于纸张、皮套、纸板和线的收缩率不同，如果变化过大、过快旧书可能会变形。为了避免保存环境温度和相对湿度变化引起的木材、书籍和其他有机材料的机械损伤，有必要保持藏品已经适应的环境温湿度条件不变。

但需要注意，一个绝对稳定的保存环境温湿度可能是一个理想的条件，却可能不是必要的，特别是考虑到成本可持续性。因为吸湿材料会适应其长时间暴露在其中的环境。如果藏品已经在一个保存环境适应了很长一段时间（指历史因素造成的已发生的环境适应，不应人为让藏品去适应环境，因为适应过程中内部可能会发生损伤），而保存环境温度和相对湿度的季节性循环和波动被证明对藏品无害，那么保持藏品保存环境历史温湿度的主要特征不变，如季节变率的范围和变化率，可以为藏品提供更安全、成本可持续性更强的保护方案。

基于此原理，欧洲标准化组织文物保护技术委员会（CEN/TC 346）提出 EN 15757-2010《文物保存 由气候限制诱发有机易潮湿材料机械损伤的温度和相对湿度的规范》（Conservation of Cultural Property - Specifications for temperature and relative humidity to limit climate-induced mechanical damage in organic hygroscopic materials）。该标准颠覆了以往为藏品根据介质选择目标温度和相对湿度水平或间隔的做法，提出一种基于藏品保存环境的历史温湿度设定库房环境温湿度目标值的方法。该方法的重点归纳如下：第一步，由专家通过状况调查来明确藏品的保存状况：如果藏品的保存状况较差，应联系专家团队进行分析和改善；如果藏品状态令人满意，那意味着它的历史温湿度条件已经令人满意，应该保持历史温湿度条件的主要特征不变，以避免冒险进入危险情况。第二步，收集藏品保存环境实测的历史温度和相对湿度数据（黑色线），摒弃波动过大的散点后，计算保存环境的温度和相对湿度的月度平均值（每一个时间点前后十五天数据的平均值），全年的月度平均值连起来即是全年的目标温度和相对湿度（蓝色线）。第三步，计算历史相对湿度和温度的波动，计算出藏品可接受的最大波动范围。目标温湿度与可允许波动之间的范围即为藏品保存环境温度和相对湿度的“安全地带”（绿色区域）。波动超过“安全地带”可能有风险。

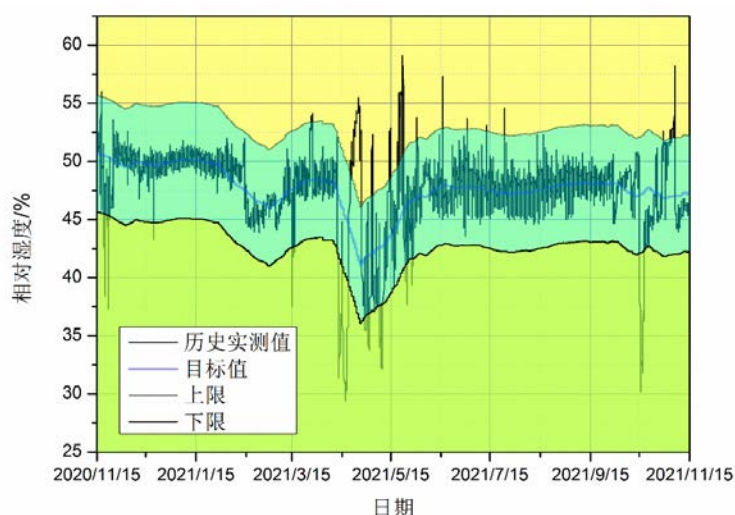


图 1 基于保存环境历史温湿度设置目标环境相对湿度的方法示例

这种方法高度重视藏品保存环境的历史条件，通常允许目标温度和相对湿度在一定范围，比设定单一理想目标值的方式更灵活。这反过来又减少了为确保藏品得到良好保存所需要的环境控制。藏品保存所需的环境控制设备少、设备简单，意味着更少的预防性保护投资和维护成本。并且，环境温度和相对湿度的控制可以通过提高建筑的被动控制能力而进一步降低。

EN 15757-2010 (E)提出基于保存环境历史条件来制定环境目标温湿度，而不追求保存环境温湿度绝对稳定的方式来降低藏品发生机械损伤的风险同时降低库房的运行成本。不追求保存环境绝对稳定，不是降低对藏品的保存要求。这是在对不同介质藏品性质、藏品耐久性影响因素、保存环境历史温湿度、温湿度影响因素和机械设备调节温湿度的方法、能力和成本有充分认识的基础上，再由专业团队提出战略设计方案。

EN 15757-2010 (E)的提出标志着预防性保护已经进入需要藏品管理者、预防性保护专家和环境控制专业人员协同工作进行战略设计的阶段。

四、可持续性发展阶段

联合国大会于 1992 年 5 月 9 日通过《联合国气候变化框架公约》。该公约于 1994 年 3 月 21 日生效，由地球峰会上 150 多个国家以及欧洲经济共同体共同签署，具有法律约束力，终极目标是将大气温室气体浓度维持在一个稳定的水平。1997 年，《京都议定书》达成，使温室气体减排成为发达国家的法律义务。

节能减排要求不断提高，藏品库房保存环境维护消耗不可再生能源过多、能源成本过高影响库房的可持续发展。节能和增加库房环境运行总体可持续性的压力，促使人们重新思考为档案馆或图书馆藏品保存环境设定温度和相对湿度的方法。

国际标准化组织文献工作技术委员会(ISO/TC 46)于 2018 年发布了 ISO/TR 19815-2018《信息与文献 档案馆和图书馆藏品环境条件管理》(Information and documentation -Management of the environmental conditions for archive and library collections)。该标准以一种不同于以往的思维方式来处理藏品预防性保护过程，高度重视能源成本和不可再生能源消

耗，提出应以尽可能少的能源成本来实现对藏品的最佳保护。该标准在评估温度和相对湿度的影响时，将能源消耗与藏品的化学稳定性、机械稳定性和发霉可能性一起作为考察指标，强调了预防性保护过程中必须考虑能源消耗情况（图 2 和图 3）。

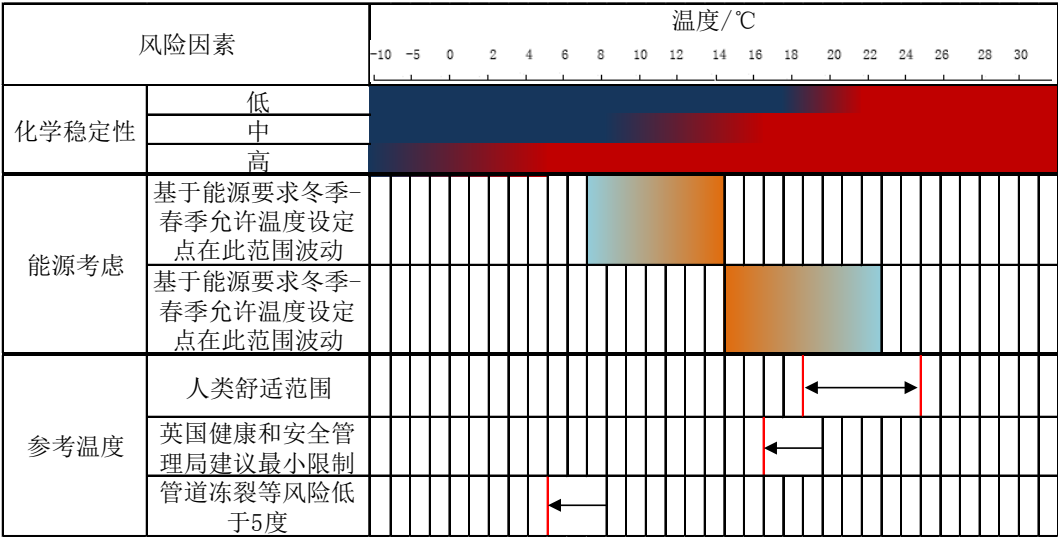


图 2 温度的影响

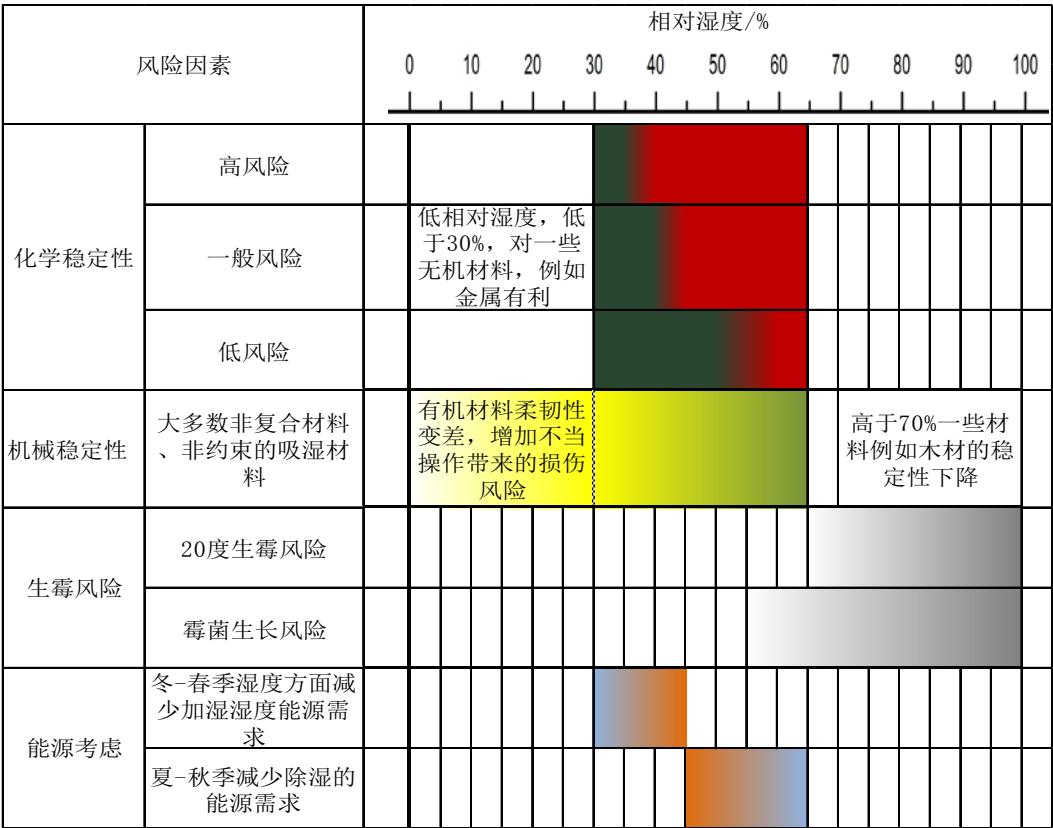


图 3 相对湿度的影响

ISO 19815 还强调在优化环境保护计划时需要 对藏品和包含它们的建筑有一个整体理解。它不仅仅是关于温度、相对湿度等环境因素，而是关于藏品的整体风险管理。要了解当

地室外气候可能带来的挑战或好处，了解建筑 and 任何机械系统如何设计来调节这些室外条件。记录和理解这些因素，然后藏品管理团队基于规范性环境标准，结合本地气候、本库房实际条件、能源消耗情况确定最佳的环境保存条件。

此外，ISO 18915 提出与藏品管理的许多方面一样，创建和优化一个可持续的保存环境不是一个一次性的项目，而是一个持续的过程，应该随着时间的推移进行监控和维护。需要一个由来自藏品管理和保存、设施管理或工程和机构管理人员组成的跨学科团队来对藏品保存环境进行管理和维护。

ISO 19815 的提出标志着预防性保护也在与时俱进，不断适应节能减排和可持续发展的社会发展要求。

五、总结与展望

预防性保护是一门综合科学，也是地球家园中的一员。科技的进步，社会的发展，环境的变化都会影响预防性保护发展。目前，国际标准化组织文献工作技术委员会（ISO/TC 46）正在组织国际相关专家讨论，拟对 ISO 11799-2015 进行修订。标准提出和修订永远在路上，预防性保护永远在路上。