

## Paraloid 文物保护材料光老化的红外光谱研究

龚欣<sup>1,2</sup>, 韩向娜<sup>1\*</sup>, 陈坤龙<sup>1</sup>

1. 北京科技大学科技史与文化遗产研究院, 北京 100083
2. 延安市文物研究所, 陕西 延安 716000

**摘要** Paraloid(乳胶粘合剂)是一系列丙烯酸树脂的商品名称,是文物保护领域中最常用的保护材料之一,主要用于文物的加固、封护和粘接,适用文物材质范围非常广泛。其中以 Paraloid B-72 最具代表性,在国内外的文物保护中被大量使用,相关的应用案例、性能评价及其老化机理研究都有较多报道,而 Paraloid 系列的其他产品却鲜有关注,在国内应用较少,老化性能研究尚未开展工作。该研究系统评价了 Paraloid B-72, Paraloid B-44, Paraloid B-48N 和 Paraloid B-67 的光老化性能,采用红外光谱跟踪紫外辐照 3 864 h 过程中 Paraloid 材料分子结构变化,对光老化机理进行了深入解析和半定量评测。结果显示,4 种 Paraloid 系列丙烯酸树脂材料中,B-72 老化前后颜色和光泽度均没有发生明显变化,B-48N 和 B-67 老化前后色差较大,B-44 光泽度降低最多。丙烯酸树脂老化过程中高分子材料内部发生断链反应以及一定程度的交联反应,表现在主要官能团吸收的减弱和羰基指数(CI)的增加。根据主要官能团吸收峰 C=O 相对强度的半定量分析结果反映出,B-72 的光稳定性最好,B-48N 和 B-44 略优于 B-67,但与 B-72 相比差距较大。B-67 可能是由于异丁基上的叔氢键能较低,易吸收光能量后产生自由基氧化反应,因此耐光老化性最差。综合评定 4 种 Paraloid 系列丙烯酸树脂的光老化性能,B-72 在 4 种材料中光稳定性最好,其次是 B-44 和 B-48N,最不宜作为户外文物保护材料的是 B-67。研究结论有望为一线文物保护工作者在选择 Paraloid 丙烯酸树脂作为保护材料时提供一定的科学参考。

**关键词** Paraloid 产品; 丙烯酸树脂; B-72; 光老化机理; 文物保护

**中图分类号:** G878.8 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2022)07-2175-06

### 引言

丙烯酸树脂(acrylic resin)具有良好的成膜性、疏水性、附着力、透明性、环境稳定性和一定的可再处理性<sup>[1]</sup>,在许多文物保护修复中作为加固剂、封护剂和粘接剂使用。文物保护领域中最先使用时将 Lucite 44(璐彩特,聚甲基丙烯酸异丁酯)和 Lucite 45(聚甲基丙烯酸正丁酯)作为油画的封护涂层<sup>[2]</sup>,1976 年 Feller 发现 Paraloid B-72 长时间暴露在环境中没有明显的降解<sup>[3]</sup>,从此 Paraloid B-72 得到文物保护人员的青睐,逐渐成为最成功的文物保护材料之一,其制造商罗门哈斯公司又相继开发了 Paraloid B-67, Paraloid B-44, Paraloid B-48N, Paraloid B-44S 和 Paraloid B-82 等 Paraloid(帕劳德)丙烯酸树脂系列产品。迄今,Paraloid 系列已成为

文物保护中使用最广泛的商用丙烯酸树脂,曾用于文物材质包括陶器<sup>[4]</sup>、石质<sup>[5]</sup>、漆器<sup>[6]</sup>、金属<sup>[7]</sup>、象牙<sup>[8]</sup>、玻璃<sup>[9]</sup>、纺织品等<sup>[10]</sup>。

除了 Paraloid B-72 在国内外已得到大量应用,科学研究比较透彻以外,Paraloid 系列其他产品多是围绕案例应用及其材料改性<sup>[11]</sup>的报道,深入的耐光老化研究较少。本工作对 B-72, B-67, B-44 和 B-48N 进行长时间的紫外光老化实验,追踪表征老化过程中分子结构改变和性能衰减情况,对主要官能团吸收峰相对强度进行半定量分析和羰基指数(CI)评测,深入揭示 Paraloid 系列丙烯酸树脂的光老化机理。对 4 种 Paraloid 系列树脂的耐光老化性能进行评价,提出使用建议,以期文物保护工作者在选择 Paraloid 产品时提供一定的科学参考。

收稿日期: 2021-07-07, 修订日期: 2021-08-23

基金项目: 国家重点研发计划项目(2020YFC1522404, 2020YFC1521804), 中央高校基本科研业务费项目(FRF-MP-20-53)资助

作者简介: 龚欣,女,1994年生,北京科技大学科技史与文化遗产研究院硕士研究生 e-mail: ml7310610554@163.com

\* 通讯作者 e-mail: jayna422@ustb.edu.cn

## 1 实验部分

### 1.1 样品

4 种 Paraloid 商品丙烯酸树脂购于艾高文物保护材料公

司。Paraloid B-72, Paraloid B-67, Paraloid B-44 和 Paraloid B-48N 外观均呈透明固体颗粒状。基本信息见表 1。Paraloid 丙烯酸酯类文物保护材料原料单体均含有羰基和酯基等官能团, 结构都较为相似。

表 1 Paraloid 材料基本信息<sup>a</sup>

Table 1 Basic information of the Paraloid products<sup>a</sup>

Paraloid	$T_g$ /°C	单体组成 <sup>b</sup>	分子量( $M_w$ )	pH	体积密度 25 °C /(lb · gal <sup>-1</sup> )	努氏硬度 /KHN	粘度 25 °C /Cp
B-44	60	MMA/EA	140 000	1~2	9.4	15~16	1 500
B-48N	50	MMA/BMA	250 000	10~12	9.1	11~12	8 500
B-67	50	iBMA	60 000	3~4	7.3	11~12	1 500
B-72	40	EMA /MA	105 000	3~4	9.6	10~11	4 000

注: <sup>a</sup> 陶氏化学公司(The Dow Chemical Company)官网商品信息(2017); <sup>b</sup> MMA=Methyl Methacrylate(甲基丙烯酸甲酯), EA=Ethyl Acrylate(丙烯酸乙酯), BA=Butyl Acrylate(丙烯酸丁酯), iBMA=Butyl Methacrylate(甲基丙烯酸异丁酯), EMA=Ethylene Methacrylate(甲基丙烯酸乙酯)

### 1.2 样品制备

精确称取适量的 Paraloid 树脂与丙酮配成 20% 的溶液, 室温下在磁力搅拌至完全溶解(800 r · min<sup>-1</sup>, 30 min)。制备玻璃板基底薄膜: 将样品溶液(20%)滴加于玻璃板(75 mm × 25 mm)的一端, 使用漆膜涂布器(200 μm)将样品均匀涂开, 在室温下自然固化后用于紫外光老化过程中的色差和光泽度测试。制备培养皿内薄膜: 将样品溶液(20%)均匀滴加在培养皿表面, 固化后厚度为 2~3 mm, 用手术刀将固化后的薄膜与培养皿分离, 切割为 10 mm × 10 mm 的薄片, 用于老化过程中的红外光谱测试。

### 1.3 紫外光老化实验方法

参考 GB/T 16422.3—2014《塑料·实验室光源暴露试验方法第 3 部分: 荧光紫外灯》。紫外耐候箱型号 UVB-313EL, 灯管功率 40 W, 紫外荧光波长范围 280~315 nm, 辐照 0.99 W · m<sup>-2</sup>, 模拟自然暴露环境中的紫外光照射。薄膜样品放入紫外老化箱, 与灯管平行, 距离灯管 20 cm, 持续照射 3 864 h, 期间连续监测样品的色度、光泽度和红外光谱的变化。

### 1.4 老化性能表征

采用 3NH 公司生产的 3NH-310 电脑精密色差仪测试样品色度, 依据 GB/T 1766—2008《色漆和清漆涂层老化的评级方法》对薄膜表面色差( $\Delta E$ )进行测试记录, 测量孔径: 8 mm, 光源: D65, 测量模式: SCI。采用天津市其立科技有限公司生产的 SMN268 智能型光泽度仪对样品进行光泽度测试, 依据 GB/T 9754—2007《色漆和清漆·不含金属颜料的色漆漆膜的 20°、60°和 85°镜面》方法对样品进行测试, 选择 20°作为入射光角度, 计算材料失光率[式(1)]。

$$\text{失光率}(\%) = \frac{A_0 - A_i}{A_0} \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中:  $A_i$  为老化后的光泽度测定值;  $A_0$  为老化前光泽度测定值。

### 1.5 红外光谱分析

美国赛默飞公司的 iS™5 傅里叶红外光谱仪, ID7ATR

探头, 对薄膜样品的红外光谱进行采集。扫描范围 500~4 000 cm<sup>-1</sup>, 分辨率 4 cm<sup>-1</sup>, 扫描次数 16, 每个样品测试 3 次。用 OMNIC 9.0 软件对每种材料的红外光谱中的羰基指数(carbonyl index, CI)进行半定量统计<sup>[12]</sup>, 1 721~1 723 cm<sup>-1</sup>为丙烯酸酯聚合物分子中饱和酯上的羰基吸收峰, 1 800~1 650 cm<sup>-1</sup>为醛、酮和内酯等降解产物吸收峰, 羰基指数(CI)选择 1 450~1 460 cm<sup>-1</sup> C—H 弯曲振动作为内标, 以式(2)进行计算。

$$CI = A_{1\ 800\sim\ 1\ 650} / A_{1\ 450\sim\ 1\ 460} \quad (2)$$

式(2)中: CI 为羰基指数;  $A_{1\ 800\sim\ 1\ 650}$  为羰基(C=O)红外吸收峰面积;  $A_{1\ 450\sim\ 1\ 460}$  为 C—H 红外吸收峰面积。

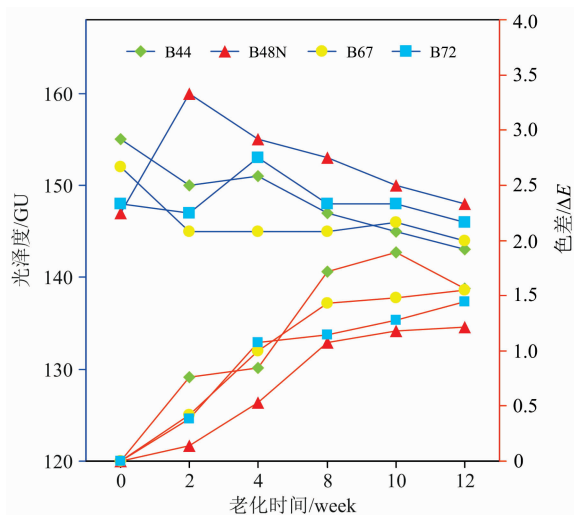


图 1 Paraloid 系列丙烯酸树脂材料在光老化过程中的色差和光泽度(20°)变化

Fig. 1 Color change and glossiness at 20 degrees of the Paraloid products during UV aging test

## 2 结果与讨论

### 2.1 色差和光泽度

经过 12 周的紫外光照射后 4 种 Paraloid 丙烯酸树脂薄膜在紫外光老化过程中色差均呈增大趋势(图 1), 其中 B-48N 老化后的颜色变化最大, B-72 与 B-44 的颜色变化较小, 色差变化排序为 B-48N>B-67>B-72>B-44。4 种材料均为高光泽度材料(140~160 GU), 但在老化过程中光泽度有下降的趋势(图 1)。在老化 12 周后的光泽度大小为: B-48N>B-72>B-67>B-72; 材料老化后的失光率分别是 B-44 为

7.74%, B-48 为-0.68%, B-67 为 5.26%, B-72 为 1.35%, 由此可知 B-44 的失光率损失最大。

### 2.2 光老化过程中材料分子的红外光谱跟踪

#### (1)Paraloid B-44

B-44 由甲基丙烯酸甲酯(MMA)和甲基丙烯酸乙酯(EA)共聚组成。图 2 显示, 2 986 和 2 950  $\text{cm}^{-1}$  为  $\alpha\text{-CH}_3$  中的 C—H 伸缩振动, 2 844  $\text{cm}^{-1}$  的肩峰表明 B-44 中可能含有少量的 BMA。在经过 3 894 h 紫外光的照射后, 1 721  $\text{cm}^{-1}$  C=O 的伸缩振动峰强度的降低, 表明在老化过程中可能发生侧链的断裂; 1 142  $\text{cm}^{-1}$  处吸收峰与酯基(C—O—C)振动有关。

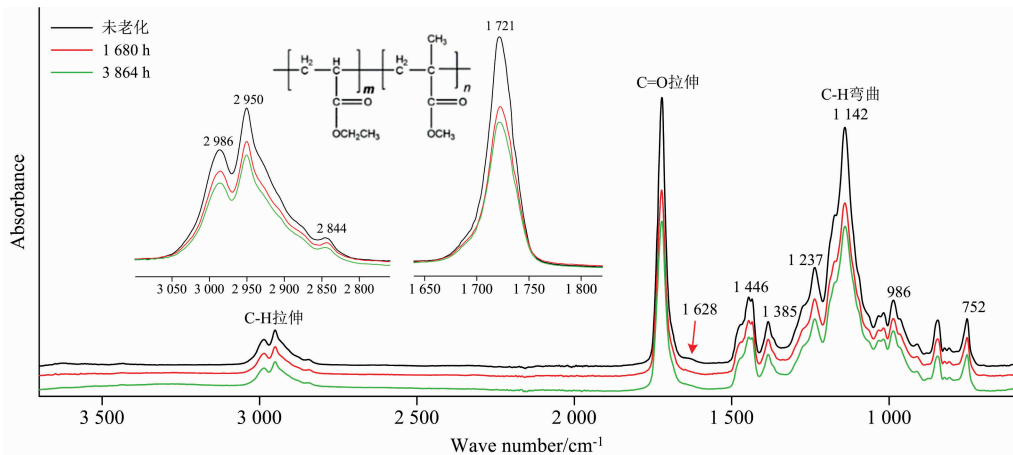


图 2 Paraloid B-44 光老化过程中的红外光谱图

Fig. 2 FTIR spectra during UV aging test of Paraloid B-44

#### (2)Paraloid B-48N

B-48N 的组成单体为甲基丙烯酸甲酯(MMA)和甲基丙烯酸丁酯(BMA)。图 3 显示, 光老化后 B-48N 的吸收峰呈现下降趋势。由于侧链中部分甲基的掉落导致 2 952 和 2 874  $\text{cm}^{-1}$  吸收峰强度下降; 1 721  $\text{cm}^{-1}$  吸收峰强度下降, 表明

MMA 与 BMA 上的羰基减少; 1 338  $\text{cm}^{-1}$  处的吸收在老化 1 680 h 突然增强, 而后又逐渐消失, 可能是因为树脂中的表面活性剂 PEO 型[聚环氧乙烷, poly(ethylene oxide), 分子量 >20 000  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 分子量低于 20 000 时称为 PEG]在老化过程中迁移到薄膜表面, 又发生降解或氧化<sup>[13]</sup>(图 3)。

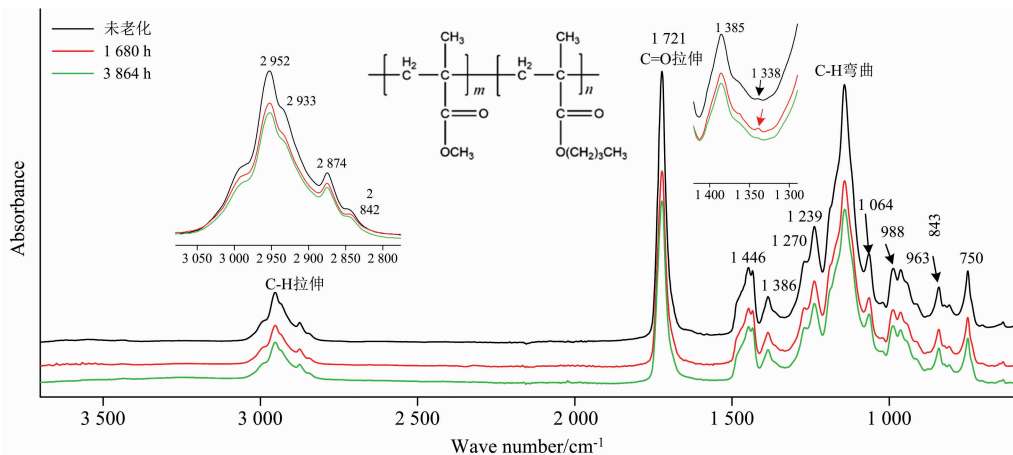


图 3 Paraloid B-48N 光老化过程中的红外光谱图

Fig. 3 FTIR spectra during UV aging test of Paraloid B-48N

#### (3)Paraloid B-67

B-67 主要组成单体是甲基丙烯酸异丁酯(iBMA)。图 4

红外光谱中 3 300~3 100  $\text{cm}^{-1}$  范围内羟基基团有所增加, 分析认为异丁基上叔氢键能较低, 容易受到氧的进攻, 进一步

生成氢过氧化物 ROOH; 异丁基上 C—H 的对称和反对称拉伸振动 (2 959 和 2 874  $\text{cm}^{-1}$ ) 以及酯基的 C=O (1 723

$\text{cm}^{-1}$ ) 峰明显减弱, 说明侧链发生断裂; 1 628  $\text{cm}^{-1}$  出现的弱吸收, 可能与末端双键形成有关。

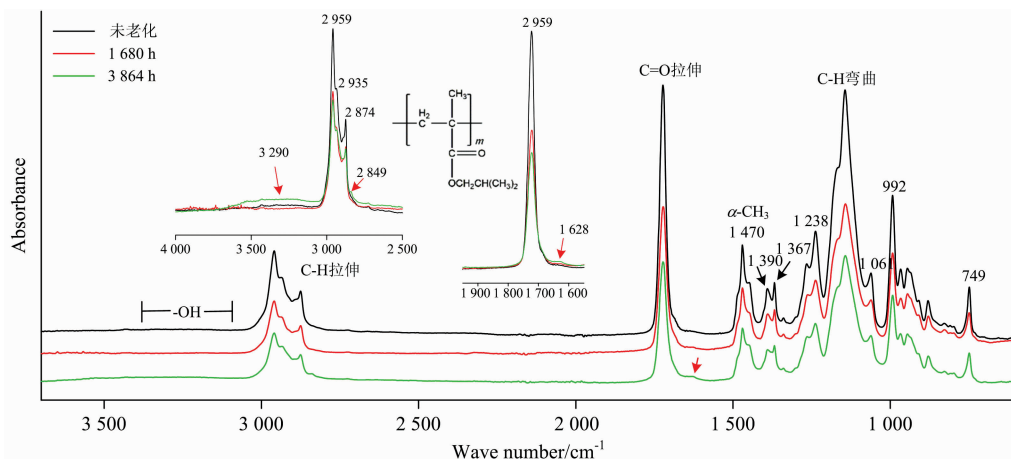


图 4 Paraloid B-67 光老化过程中的红外光谱图

Fig. 4 FTIR spectra during UV aging test of Paraloid B-67

#### (4) Paraloid B-72

B-72 是由甲基丙烯酸乙酯 (EMA) 和丙烯酸甲酯 (MA) 聚合而成, 关于其老化研究较多。图 5 中 3 256  $\text{cm}^{-1}$  羟基吸收峰增强, 是由于形成了小分子的氢过氧化物和羧酸, 以及烷氧基上生成醇基, 1 585  $\text{cm}^{-1}$  是羧酸的吸收峰; 同样也观察到侧链断裂 (2 984 和 2 951  $\text{cm}^{-1}$ ), 而 1 723  $\text{cm}^{-1}$  处吸收减弱, 表明材料光老化过程中侧链断裂, 饱和酯中的 C=O 减少; 1 474  $\text{cm}^{-1}$  为 EMA 中的 C—H(CH<sub>3</sub>) 的不对称弯曲振

动峰; 1 387  $\text{cm}^{-1}$  为 MA 主链上的 C—H 弯曲振动峰, 860 和 754  $\text{cm}^{-1}$  为 C—H 摇摆振动峰, 这些峰强度在老化过程中几乎没有变化。有报道认为在光氧化过程中 B-72 的甲基丙烯酸酯单元中的叔碳氢受到攻击形成自由基, 很容易发生成环反应, 进而生成内环酯<sup>[14]</sup>, 但本研究没有在 B-72 的红外光谱中发现 1780  $\text{cm}^{-1}$  的内酯特征峰。

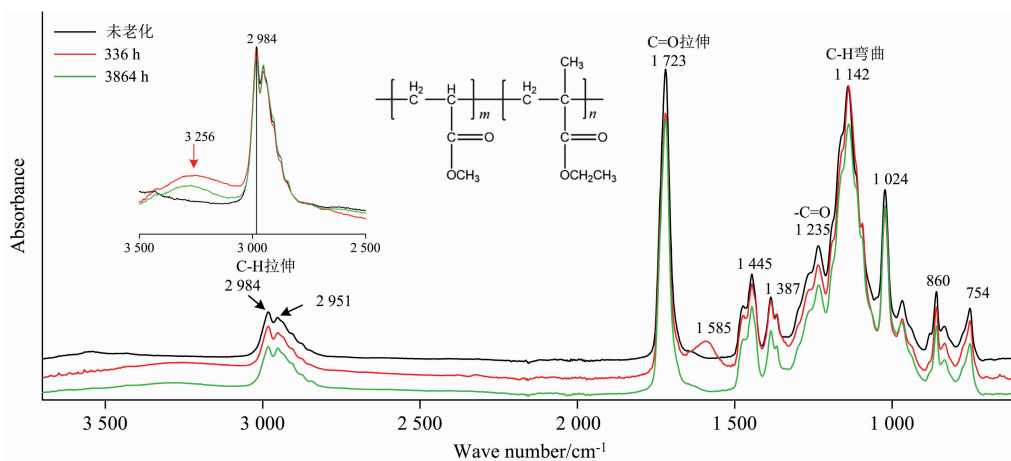


图 5 Paraloid B-72 光老化过程中的红外光谱图

Fig. 5 FTIR spectra during UV aging test of Paraloid B-72

### 2.3 光老化过程中材料的红外光谱半定量分析

通过统计羰基指数 (CI) 可以进一步分析分子中醛、酮、羧酸和内酯等分子中 C=O 的相对含量。由表 2 可知 4 种 Paraloid 丙烯酸酯类材料随着紫外辐照时间的增长, 羰基指数呈现先降低, 后升高的趋势。光照初期羰基指数的下降表明有部分带有羰基的单体, 首先分解为羰基自由基, 进一步裂解产生小分子如 CO<sub>2</sub> 等; 而随着光照时间的延长, 主链的光氧化反应占主导, 逐渐形成了更多的羰基化合物 (醛、酮、

羧酸), 后期羰基指数逐渐增加。表 3 显示, 经过 3 864 h 的光老化, 整体呈现 Paraloid 系列中 B-44, B-48N 和 B-67 的红外光谱统计结果: 材料明显发生了侧链断裂主导的光氧化反应, 使得 C=O 峰强度普遍降低, 降低速度随老化时间延长逐渐放缓。其中 B-67 主要基团的吸收峰强度下降最多, BMA 上的饱和酯的 C=O (1 721  $\text{cm}^{-1}$ ) 强度甚至降低了 51.95%; B-48N 峰强度变化小于 B-67, 1 721  $\text{cm}^{-1}$  峰强度降低了 32.2%; 其次为 B-44, 羰基峰强度降低了 36.97%; 而

B-72 吸收峰强度变化并不明显, 羰基峰强度降低了 5.96%; 说明 B-72 耐光老化性能最好。

表 2 Paraloid 系列材料不同光照时间下的羰基指数 (CI)  
Table 2 Carbonyl index (CI) of the Paraloid products  
at different UV irradiation time

材料名称	羰基指数(CI)				
	0 h	336 h	1 680 h	2 352 h	3 864 h
B-44	3.42	3.19	3.175	3.123	3.189
B-48N	3.382	3.386	2.866	3.132	3.209
B-67	2.921	2.862	2.81	2.713	2.818
B-72	4.094	3.558	3.53	3.603	3.335

注:  $CI = A_{1\ 800\sim 1\ 650} / A_{1\ 450\sim 1\ 460}$ ,  $1\ 800 \sim 1\ 650\ \text{cm}^{-1}$  为羰基 (C=O) 的主要分布范围

表 3 Paraloid 材料羰基红外吸收强度 ( $D_t$ )  
随光照时间 ( $t$ ) 的变化

Table 3 The change of infrared absorption intensity ( $D_t$ ) of  
carbonyl group at different UV irradiation time ( $t$ )

材料名称	C=O ( $1\ 721\sim 1\ 723\ \text{cm}^{-1}$ ) 红外吸收强度( $D_t/\%$ )				
	0	336 h	1 680 h	2 352 h	3 864 h
B-44	0.00	-29.69	-30.86	-37.41	-36.97
B-48N	0.00	-19.58	-26.54	-27.18	-32.20
B-67	0.00	-12.11	-42.19	-51.37	-51.95
B-72	0.00	-7.75	1.59	-10.54	-5.96

注:  $D_t = A_t / A_0$ ,  $D_t$  是红外特征峰的相对强度,  $A_t$  是老化时间为  $t$  时  $1\ 721\sim 1\ 723\ \text{cm}^{-1}$  的吸光度,  $A_0$  是未老化样品  $1\ 721\sim 1\ 723\ \text{cm}^{-1}$  的吸光度

聚合物组成单体所连接侧链的键能不同, 在紫外光照射下被激发的反应活性不同, 对降解反应的难易程度有着重要的影响。4 种丙烯酸酯聚合物中, B-67 结构单元主要是甲基丙烯酸异丁酯 (iBMA), 侧链含有较长的异丁基, 叔氢键能较弱, 降解最明显; 同样侧链含有正丁基 (BMA) 的 B-48N 降解损失较大, 但相比于 B-67, B-48N 中 BMA 单体仅占总成

分的 25%, 且当分子链中 MMA 与 BMA 相邻时结构较稳定, 其峰强度变化小于 B-67, 耐光老化性优于 B-67。而侧链较短的 B-72 受光老化影响最小; 但同样侧链较短的 B-44 (MMA-EA) 耐光老化表现较差, 其中原因还需要进一步研究。Paraloid 系列丙烯酸树脂中并没有发现明显的内酯峰的出现, 通过对比本研究与文献中实验条件和结果发现, 已报道的文献中光老化所用光源功率和辐照强度较大<sup>[15]</sup> ( $600\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ), 虽然本研究老化时间较长 (约 3 864 h) 但使用的是  $0.99\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$  辐照的紫外灯管, 未达到有机物分子大量发生光氧化反应的充分条件, 但本实验设计的辐照条件更接近文物所经历的实际光照环境。样品光老化过程中的光泽度与色差的变化与红外光谱变化没有观察到有明显的联系。

### 3 结论

通过对 4 种文物保护中常用的 Paraloid 丙烯酸树脂材料的光老化性能评价, 得出以下结论:

(1) 4 种 Paraloid 系列丙烯酸树脂材料中, B-72 老化前后颜色和光泽度没有发生明显改变, B-48N, B-67 比 B-72 和 B-44 相较于老化前色差较大, B-44 光泽度降低最多。

(2) 4 种 Paraloid 系列丙烯酸树脂老化过程中材料都会发生断链反应以及一定程度的交联, 表现在主要官能团光吸收的减弱和羰基指数 (CI) 的增加, 使得材料硬度变大; 但材料主要官能团吸收峰相对强度的半定量分析结果反映出, B-72 的光稳定性最好, B-67 的异丁基上叔氢键能较低, 更易吸收光能量后产生自由基氧化反应, 耐光老化性最差, B-48N 和 B-44 略优于 B-67, 但与 B-72 相比差距仍较大。

综合评定 4 种 Paraloid 系列丙烯酸树脂的光老化性能, 发现 B-72 是 4 种材料中光稳定性最强的, 其次是 B-44 和 B-48N, 最不宜作为户外文物保护材料的是 B-67。以上结论基于实验室测试结果得出, 希望能够为文物保护工作者在选择 Paraloid 丙烯酸树脂作为保护修复材料时提供一定的参考。

### References

- [1] Podany J, Garland K M, Freeman W R, et al. Journal of the American Institute for Conservation, 2001, 40(1): 15.
- [2] Jones S R, Feller R L, Stolow N, et al. Studies in Conservation, 1971, 18(1): 43.
- [3] Feller Robert L. Studies in Conservation, 1976, 17(sup1): 201.
- [4] Koob S P. Studies in Conservation, 1986, 31(1): 7.
- [5] CHEN Geng-ling (陈庚龄). Science of Conservation and Archaeology (文物保护与考古科学), 2005, 17(1): 49.
- [6] LU Yan-ling, HAN Jian-qing, ZHANG Lan, et al (卢燕玲, 韩鉴卿, 张岚, 等). Science of Conservation and Archaeology (文物保护与考古科学), 2003, 15(3): 31.
- [7] DUAN Ping (段萍). Science of Conservation and Archaeology (文物保护与考古科学), 2008, 20(2): 52.
- [8] LUO Xi-yun, CHEN Jie, LU Yao-hui, et al (罗曦芸, 陈杰, 陆耀辉, 等). Science of Conservation and Archaeology (文物保护与考古科学), 2012, 24(S1): 33.
- [9] Koob S P. Studies in Conservation, 2000, 45(Sup 1): 92.
- [10] ZHOU Yang, ZHANG Bing-jian (周阳, 张秉坚). Science of Sericulture (蚕业科学), 2012, 38(5): 879.
- [11] WANG Li-qin, WU Chen, LI Ying (王丽琴, 吴晨, 李迎). Fine Chemicals (精细化工), 2011, (6): 620.
- [12] Corrales T F, Catalina F C, Peinado C, et al. Journal of Photochemistry & Photobiology A Chemistry, 2002, 147(3): 213.

- [13] Ortiz-Herrero L, Cardaba I, Setien S, et al. *Talanta*, 2019, 205: 120114.
- [14] Favaro M, Mendichi R, Ossola F, et al. *Polymer Degradation and Stability*, 2006, 91(12): 3083.
- [15] Coates J. *Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach*. Encyclopedia of Analytical Chemistry. John Wiley & Sons, Ltd, 2006. 10815.

## UV Aging Characterization of Paraloid Acrylic Polymers for Art Conservation by Infrared Spectroscopy

GONG Xin<sup>1, 2</sup>, HAN Xiang-na<sup>1\*</sup>, CHEN Kun-long<sup>1</sup>

1. Institute of Cultural Heritage and History of Science & Technology, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China
2. Yan'an Institute of Cultural Relics, Yan'an 716000, China

**Abstract** Paraloid is the trade name of a series of acrylic resins. Paraloid products are one of the most useful materials in cultural relics conservation, which is usually applicable to a wide range of artifacts for consolidation, sealing and bonding. Among these products, Paraloid B-72 is the most representative one, widely used in art conservation at home and abroad. There are many reports on application cases, performance evaluation and aging mechanism research of Paraloid B-72. However, the other Paraloid products are obtained less attention due to limited domestic applications, and the aging performance research has not yet been conducted. This paper systematically evaluated the UV aging performance of Paraloid B-72, Paraloid B-44, Paraloid B-48N and Paraloid B-67. By using infrared spectroscopy to track the molecular structure changes during the 3864 h UV test, the aging mechanisms of these Paraloid products were further discussed and semi-quantitatively characterized. The results show that among the four Paraloid acrylic resins, the color and gloss of B-72 do not change significantly before and after aging test, while B-48N and B-67 color change greatly, and the gloss of B-44 decreased the most. During the aging process, the chain scission reaction and a certain degree of cross-linking reaction occur inside the acrylic resins, which is manifested in the weakening of the absorption of main functional groups and the increase of the carbonyl index (CI). According to the semi-quantitative results of the relative intensity of the main functional group absorption peak  $\text{C}=\text{O}$ , it can be reflected that B-72 has the best photostability. B-48N and B-44 perform slightly better than B-67. B-67 may be due to the low tertiary hydrogen bond energy on the isobutyl group, which is easy to absorb UV spectral energy and produce free radical oxidation reactions. Therefore, B-67 has the worst light aging resistance. In the comprehensive evaluation of the light aging performance of four Paraloid acrylic resins, B-72 has the best light stability, followed by B-44 and B-48N, and B-67 is the least suitable conservation material for outdoor cultural relics. The conclusions of this study are expected to provide some scientific suggestions for the first-line cultural relics conservators when choosing Paraloid acrylic resins as the conservation material.

**Keywords** Paraloid products; Acrylic resin; B-72; UV aging mechanism; Art conservation science

(Received Jul. 7, 2021; accepted Aug. 23, 2021)

\* Corresponding author