

文章编号: 1673-3851 (2015) 06-0744-08

大侧基氨基酸含量对蚕丝织品老化状况的表征研究

贾丽玲¹, 吴子婴¹, 郑海玲², 周 旻², 赵宏业¹, 邢梦阳¹

(1. 浙江理工大学材料与纺织学院, 杭州 310018; 2. 中国丝绸博物馆纺织品文物保护国家文物局重点科研基地, 杭州 310002)

摘 要: 为探求氨基酸检测技术在纺织品文物保护方面的应用, 利用丝织品氨基酸含量对其劣化程度进行评估。对光老化处理丝织品分别进行拉伸断裂强度和氨基酸含量测试, 分析其大侧基氨基酸含量与断裂强度保留率之间的关系, 用得到的数据统计图来预估出土于浙江安吉、新疆、江西南昌三地不同时期的丝织品文物的劣化情况。将丝织品文物的氨基酸表征结果与其纤维横截面形貌状况作对比分析, 证实了大侧基氨基酸含量对丝织品文物劣化状况有较好的表征效果。

关键词: 丝织品; 大侧基氨基酸; 断裂强度; 劣化程度; 文物评估;

中图分类号: TS102.3

文献标志码: A

0 引 言

丝织品文物是中华民族文明的重要载体, 丝织品文物的考古发掘与保护对于我国古代丝绸生产技术及其发展过程的探究具有重大意义。新中国成立后, 文物考古受到空前的重视, 出土了大量珍贵文物, 其中不乏纹样精美、历史悠久的丝织品文物, 这些文物代表了中国当时的灿烂文明和先进生产力, 作为中华民族灿烂历史文明的重要证物具有重大意义。然而出土文物, 尤其是丝、毛等由蛋白质组成的纤维, 由于在地下长期埋藏的过程中就发生了程度各异的老化, 出土后又会接触到空气, 进一步受到光、热、湿度等各种因素的影响劣化严重, 故采取正确的措施对丝织品文物进行保护就尤为重要。袁宣萍等^[1]对我国悠久的丝绸制造和使用历史进行了系统研究。周静洁等^[2]对古代蚕丝织品的老化机理及其保护进行了研究。按照文物保护原则, 文物出土后, 必须了解文物的具体老化情况, 才能对其采取有针对性的保护措施。

国内外学者借用现代纺织材料领域的测试方法

进行丝织品的现状评估, 主要测试方法有抗拉强度分析、色差分析、红外分析、热分析、X-射线衍射分析、扫描电镜分析等。但这些检测方法或因测试消耗样品量大, 会对文物造成损伤, 或因主观因素对测试结果有较大的干扰而影响评估的客观性, 未能在丝织品文物保护评估领域得到广泛应用。例如, 拉伸断裂强度虽是表示织物是否劣化的最显著的宏观指标, 但因其是破坏性试验, 且需要试样量大, 无法应用于丝织品文物的劣化评估。Spackman 等^[3]在 20 世纪提出的氨基酸分析技术可以灵敏地检测出氨基酸含量的变化, 且样品需求量少, 不会对文物造成太大的损伤, 由此, 近些年在丝织品文物保护领域得到了广泛的运用。Becker 等^[4]对比了 100 多年前美国总统夫人服饰中的蚕丝样品和不同人工老化样的氨基酸检测分析结果, 发现在相同老化条件, 经过相同的处理时间, 脱胶不完全的蚕丝织品劣化程度不如完全脱胶的蚕丝劣化严重, 另一方面, 酪氨酸含量随着老化加剧逐步降低, 这表明酪氨酸对光敏感, 是一种能表征蚕丝织品劣化程度的有效指标。Zhang 等^[5]研究表明, 丝胶中的天门冬氨酸含量很高, 且易受到外界作用影

收稿日期: 2015-01-21

基金项目: 浙江省文物局文物保护科技项目 (2012005)

作者简介: 贾丽玲 (1990-), 女, 浙江东阳人, 硕士研究生, 主要从事纺织品文物保护方面的研究。

通信作者: 吴子婴, E-mail: hzwzy@zstu.edu.cn

响,甘氨酸与天门冬氨酸的摩尔分数是老化蚕丝织品中丝胶保留程度的有效衡量指标,此外酪氨酸的摩尔分数可用于初步鉴定蚕丝织品所处的劣化环境。郑今欢等^[6]通过显微镜观察、红外光谱、氨基酸组成分析、福林试剂分析等方法研究蚕丝丝素纤维的微结构、丝素表层和内层的结构差异,研究发现蚕丝丝素存在多层次结构,表层无定形区的比例较高,里层结晶区的比例较高。Bergheb 等^[7]对丝织物和毛织物进行人工老化,模拟弗兰德壁画文物上的丝和毛,通过氨基酸分析,指出氨基酸的一些技术指标能在丝毛织品发生肉眼可见的破坏之前有效地提出预警,此外还指出了,天然染料对丝、毛织物有一定的保护作用。张晓梅等^[8]对现代丝老化样品进行氨基酸检测,同样发现随着老化程度的增加,部分氨基酸含量变化较为明显,并能与宏观的断裂强力形成一定的对应关系。张阳阳^[9]探究了不同种类、不同地区、不同茧层之间的茧丝,其氨基酸组成存在差异性。

本文采用氨基酸分析测试技术,测定经光老化处理后的丝织品中剩余的氨基酸含量,寻找更为综合的氨基酸数据指标来评估丝织品的劣化程度,并选取不同地区、不同时期的文物来对该评估方法进行验证。希望本研究对纺织品保护工作者在研究氨基酸对纺织品文物劣化程度的鉴定方面提供有益的借鉴。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 光处理样品

张晓梅等^[10]的研究表明,现代桑蚕丝与古代桑蚕丝的外观形貌和内部结构性质都十分相近。因此对现代桑蚕丝绸进行适当的老化处理,可以较好地模拟蚕丝织品文物。此外,Li 等^[11]的研究表明,丝织品在经过光老化后不能完全被 6 mol/L 的浓盐酸水解,导致其 100 g 样品中测得的氨基酸总量不到 100 g,这与文物样品无法被同浓度浓盐酸完全水解的情况相似,而热老化与水解老化丝织品均能被浓盐酸完全水解。本研究通过光、干热以及湿热综合老化来处理蚕丝织品,以期能更好地表达文物样品的老化情况。

本研究人工老化处理实验样品为 11160 电力纺蚕丝织品(由杭州万事利丝绸科技有限公司提供),实验测试前,先将蚕丝织物裁剪成符合实验要求的规格(经向 150 mm×纬向 35 mm),用样品袋密封避光保存待用。光老化处理过程中,辐照光源为波长 420 nm 的氙灯,实验仓中的辐照度为 1.10 W/cm²,设置不同的仓内温、湿度,对已备好的蚕丝织

品进行加速光老化处理,每组老化处理条件的实验周期均为 20 d,每 2 d 取一次样,将取出样品密封保存,待检测分析。

丝织品光老化处理条件设定如表 1 所示。

表 1 丝织品光老化处理条件设定

老化条件编号	仓内温度/℃	仓内相对湿度/%
G ₁	50	(干)
G ₂	50	50
G ₃	50	70
G ₄	70	10~15
G ₅	70	50
G ₆	70	70

1.1.2 文物样品

选取了三个不同地域的文物样品,并已大概了解其老化程度;样品由中国丝绸博物馆提供。被测文物样品如表 2 所示。

表 2 文物样品氨基酸实验清单

来源	样品个数	编号
安吉五福楚墓	4	A1、A2、A3、A4
新疆营盘汉晋墓	4	X1、X2、X3、X4
江西南昌明代墓	5	J1、J2、J3、J4、J5

1.2 仪器

Q-Sun 氙灯老化箱;YG 065 电子织物强力仪(莱州市电子仪器有限公司);Waters 2695 型高效液相色谱仪、荧光检测仪(美国 Waters 公司);VANOX AHB-1 万能显微镜(日本 Olympus 公司)。

1.3 丝织品的性能测试

1.3.1 力学性能测试

将待测样品置于标准大气环境中平衡 72 h,然后拆去样品宽度两侧数量大致相等的纱线,使其最终宽度达到 25 mm,待用。实验时,设定万能材料试验机的上下夹距为 70 mm,设置拉伸速度为 100 mm/min,测定样品在自然状态下的断裂强力,并与同规格未处理样品进行比对,计算老化处理蚕丝织品的断裂强力保留率。

1.3.2 氨基酸检测分析

将高效液相色谱仪(Waters 2695 型;美国 Waters 公司)与荧光检测仪联用,采用 AQC 柱前衍生-反相高效液相色谱法测定丝织品的氨基酸含量。

具体操作如下:称取 0.5 mg 左右样品,放入水解试管底部,加入浓度为 6 mol/L 的 HCl 溶液,在抽真空的情况下将试管封口,置于 110℃ 的烘箱内水解 22 h;取出后经滤膜过滤水解溶液并用氮吹仪

吹干备用;用超纯水和内标物(α -氨基丁酸(AABA))将样品稀释经衍生剂AQC(6-氨基喹啉基-N-羟基琥珀酰氨基氨基甲酸酯)衍生后放入色谱仪内进行色谱分析。

1.3.3 丝纤维横截面形貌状态观察

从丝织品文物样品中取出少量纤维,整理平直后置于纤维切片器中,制作纤维截面切片,利用万能显微镜观察并获得样品纤维截面图(放大1000倍)。

2 结果与讨论

2.1 老化样品的断裂强力保留率

采用不同条件对现代丝织品进行光老化处理后,测定拉伸断裂强力,其保留率变化情况如图1所示。由图1中可以看出,随着光处理时间的增加,丝织品的断裂强力不断损失。老化处理环境中,温度的升高会明显提高丝织品断裂强力的下降速度。光老化处理的过程从本质上讲就是丝蛋白大分子的光化反应过程,温度的升高必定促进光化反应速率的加快,使得老化加速。相对而言,在本研究实验系统中,相对湿度为50%时,温度对蚕丝织品老化速度的影响较其余两湿度条件更为明显。

2.2 氨基酸测试结果分析

蚕丝蛋白作为一种天然高分子材料,容易受外界光老化处理作用发生大分子链间的氢键裂解,大分子链断裂、氧化开环、小分子氨基酸被氧化裂解而遭到破坏等反应,尤其是含有酚羟基的酪氨酸等一些对光处理比较敏感的氨基酸,损失更为严重。表3为未老化样和6个光老化处理条件下丝织品的氨基酸含量测试结果。

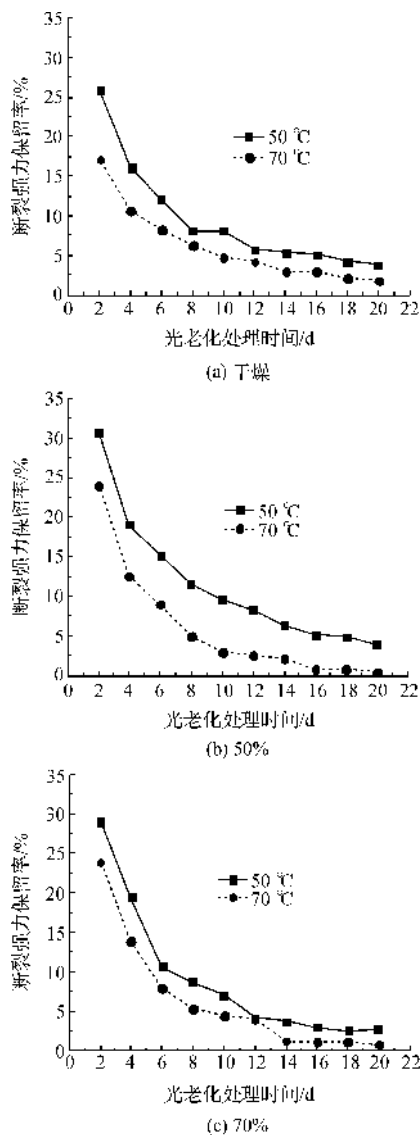


图1 一定温度不同湿度光老化处理条件下丝织品的断裂强力保留率

表3 蚕丝织品的氨基酸分析结果

氨基酸	氨基酸摩尔分数/%						
	未老化样	G ₁ -20 d	G ₂ -20 d	G ₃ -20 d	G ₄ -20 d	G ₅ -20 d	G ₆ -20 d
天冬氨酸 Asp	1.91	1.47	1.65	1.63	1.54	1.91	1.44
丝氨酸 Ser	12.03	11.2	10.65	10.94	10.34	10.49	10.59
谷氨酸 Glu	1.48	1.14	1.23	1.26	0.16	1.43	1.12
甘氨酸 Gly	45.61	49.63	47.39	48.49	50.61	45.58	50.22
精氨酸 Arg	0.68	0.53	0.52	0.55	0.97	0.55	0.51
苏氨酸 Thr	1.07	0.86	0.84	0.90	0.25	0.85	0.79
丙氨酸 Ala	26.02	26.00	29.13	27.03	27.08	30.88	27.13
脯氨酸 Pro	0.63	0.46	0.51	0.51	0.46	0.53	0.45
半胱氨酸 Cys	0.06	0.21	0.28	0.33	0.00	0.42	0.19
酪氨酸 Tyr	5.24	3.68	2.88	3.47	3.60	2.42	2.84
缬氨酸 Val	2.69	2.65	2.76	2.67	2.69	2.76	2.68
蛋氨酸 Met	0.00	0.04	0.07	0.1	0.13	0.13	0.06
赖氨酸 Lys	0.37	0.23	0.32	0.27	0.23	0.34	0.25
异亮氨酸 Ile	0.80	0.70	0.71	0.70	0.69	0.69	0.70
亮氨酸 Leu	0.59	0.51	0.52	0.52	0.51	0.50	0.50
苯丙氨酸 Phe	0.81	0.69	0.55	0.62	0.74	0.50	0.53

从 G_1 — G_6 六个光老化条件中, G_6 是本文实验设置老化条件最剧烈的, 通过以上所述实验结果亦可发现, G_6 条件下老化的样品各性能都较差, 劣化最为严重。如表 3 所示, 甘氨酸、丙氨酸等侧基较小的氨基酸含量随着劣化程度的加剧, 会呈现出先上升后下降的趋势。这是因为劣化最初发生在以排列散乱的非结晶区为主的丝素表层, 故劣化初期, 丝素结晶区排列紧密的氨基酸损失速率不及氨基酸总量的下降速率大, 使得这几种氨基酸摩尔分数随着老化程度的加强呈现先上升后下降的现象。丙氨酸摩尔分数除了呈现出以上所述先上升后下降的趋势之外, 在劣化更为严重的 G_3 —20 d、 G_6 —20 d 中, 又有一个回升, 该现象未曾在之前的文献中报道过, 需要进一步研究论证。

有研究^[6,12]表明丝素确实存在分层现象, 外层以非结晶区为主, 而内层以大分子链排列较为紧密的结晶区为主; 侧基较大的氨基酸无法紧密排列, 主要在丝素外部分布较多; 而侧基较小的氨基酸, 主要分布在丝素的内部; 丝素的老化过程必定是先作用于纤维表层, 所以大侧基氨基酸的变化在一定程度上可以表

征丝素的劣化状况。Kushal 等^[12]以及郑今欢等^[6]的研究成果都表明, 蚕丝蛋白质氨基酸中, 甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、苏氨酸、脯氨酸、组氨酸 6 种氨基酸侧基较小, 分布在丝素外层较多。故将排除以上 6 种氨基酸, 其余检测到的氨基酸归为大侧基氨基酸, 对各劣化样品的测试结果进行整理分析, 探索氨基酸数据指标与丝织品劣化程度的内在联系。

图 2 为不同温湿度处理条件下, 样品大侧基氨基酸含量随老化时间的变化情况。由图 2 可以看出, 本文设置的所有光老化处理条件中, 处理时间较短时, 大侧基的氨基酸损失速率较快, 随着老化时间的增加, 其损失速率减缓, 这种情况维持一段时间后, 又进入大侧基损失速率加快的阶段。此外, 当老化条件设置较为剧烈时(如 50°C — 70% 、 70°C — 50% 、 70°C — 70%)大侧基氨基酸损失的变化趋势线到达后期都有一个回升的过程, 这是因为老化深入到丝素内部, 小侧基氨基酸的损失速率增加, 相对而言, 大侧基氨基酸含量的损失速率小于氨基酸总量的损失速率, 故大侧基氨基酸摩尔分数到老化后期有回升现象。

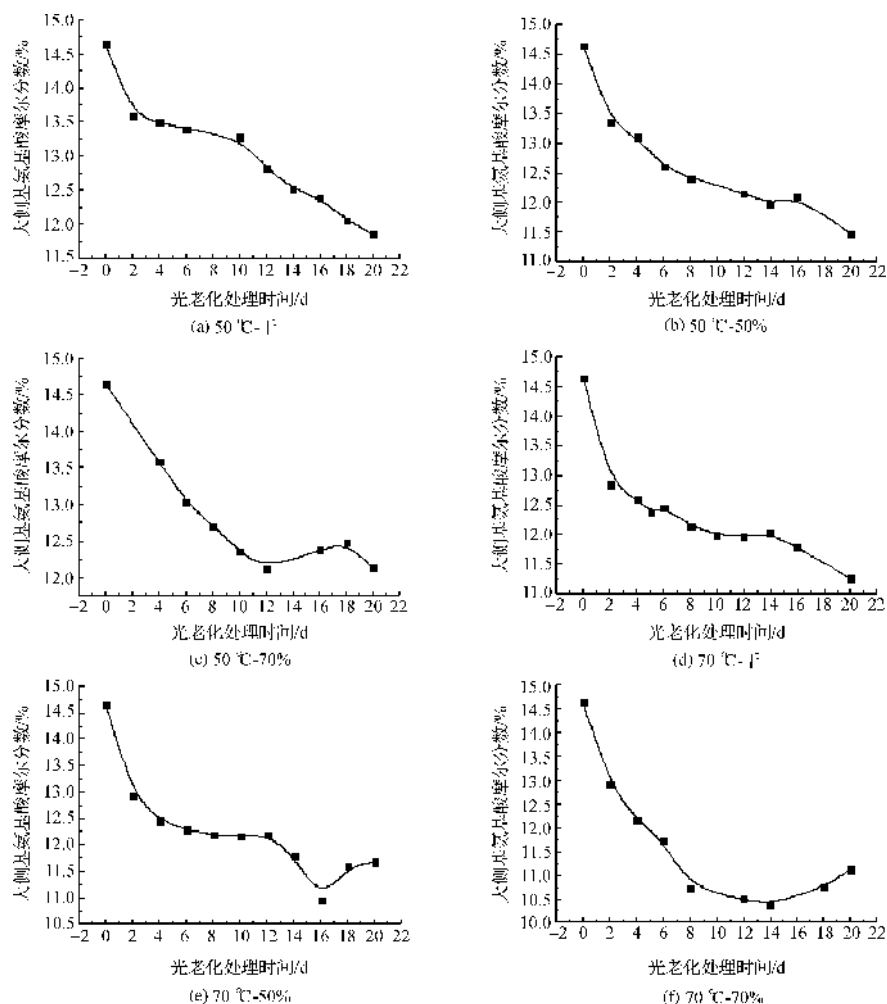


图 2 不同温湿度条件下光老化样品大侧基氨基酸含量随老化时间的变化

2.3 大侧基氨基酸含量与断裂强力保留率的关系

蚕丝蛋白在老化处理的过程中大分子链断裂,在宏观上表现为断裂强力保留率的损失,微观上表现为随着老化时间的延长,一定范围内大侧基氨基酸含量的下降。本文先讨论大侧基氨基酸含量随处

理时间的增加而减少时,其与断裂强力保留率的对应关系,其结果见图3。如图3所示,随着断裂强力的损失,蚕丝样品的大侧基氨基酸也大量损失,光处理样品的大侧基氨基酸含量与其断裂强力保留率在一定范围内呈正相关关系。

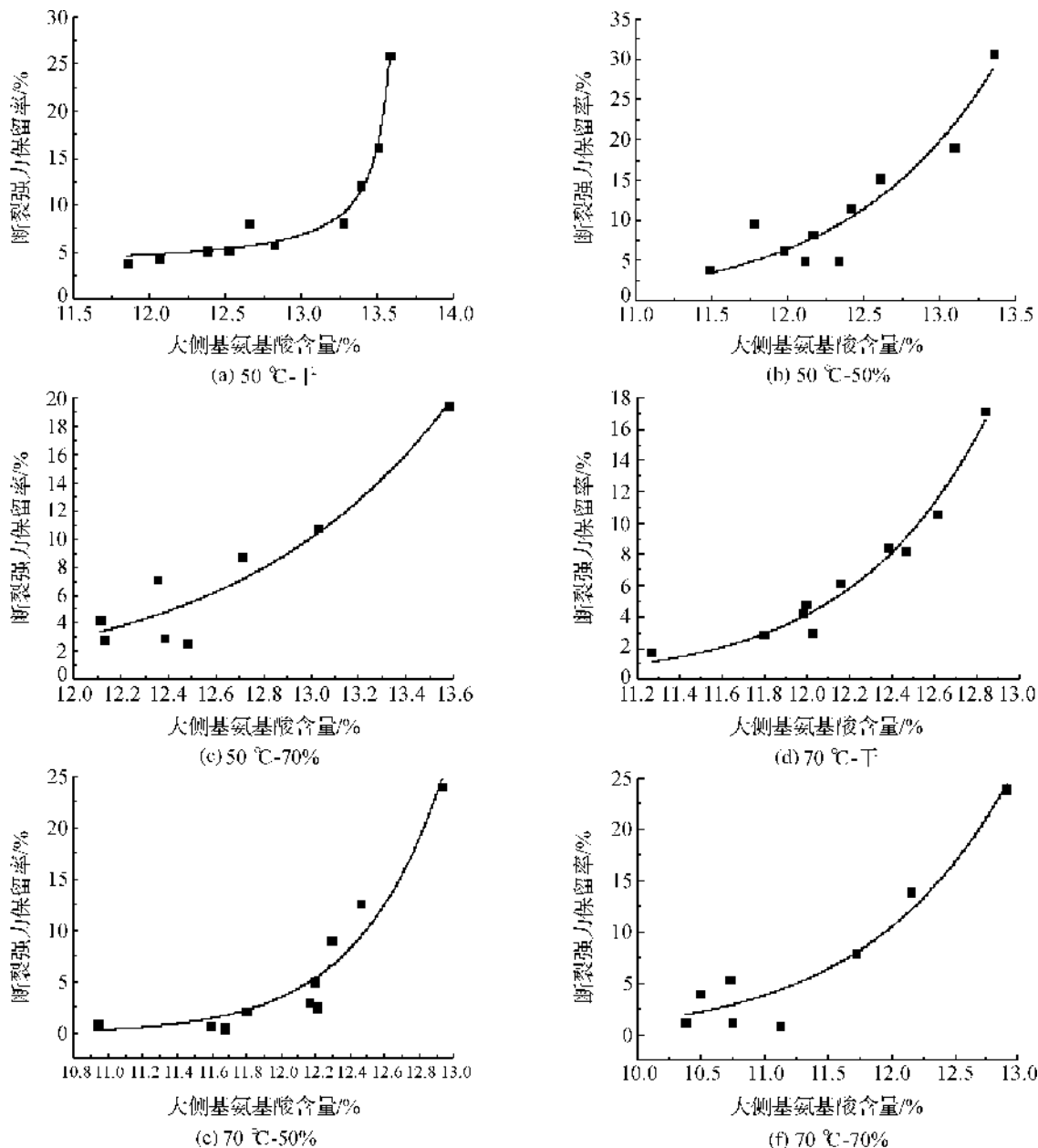


图3 光老化样品大侧基氨基酸含量与断裂强力保留率的关系

为探讨不同温湿度处理条件对于光老化丝织品的影响,将所有数据点绘于同一坐标轴内,结果如图4所示。相对而言,大侧基氨基酸对于丝织品的老化程度评估比某些单种氨基酸更具有整体性。图4中的数据点分布大致情况为:老化条件剧烈的分布在相对偏左下方,老化条件不那么剧烈的分布在相对偏右上方。这说明,光老化条件剧烈程度的不同

对样品造成的影响在大侧基氨基酸含量与断裂强力保留率的对应关系中也有所体现,损失等值的断裂强力,光老化条件剧烈的老化样品要损失更多的大侧基氨基酸。基本上随着大侧基氨基酸的损失,断裂强力保留率不断下降,由此认为大侧基氨基酸含量可以估计丝织品文物的断裂强力保留程度,以此来间接评估文物的保存状况。

2.4 丝织品文物的老化程度评估

综上所述,用丝织品的氨基酸含量来评估丝织品老化样的劣化程度具有一定的可行性,故选取了安吉五福、新疆营盘、江西南昌的出土文物样品,对其进行氨基酸测试实验,通过大侧基氨基酸数据确定在光处理样品统计数据区(图4)的位置,以此来预计文物样品的断裂强力保留率情况,从而间接评估其劣化程度,再通过观察文物纤维横截面形貌状况对比氨基酸测试结果,以验证上述研究结果的准确性。

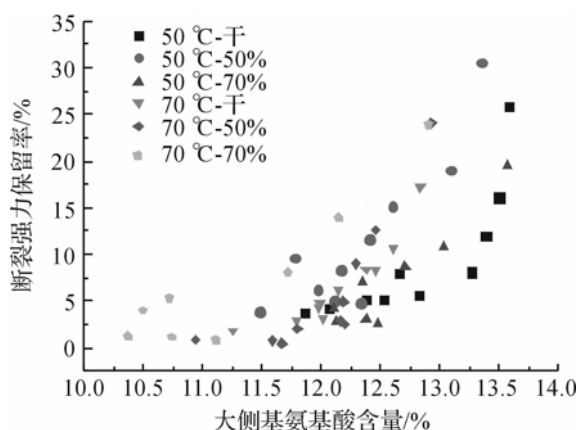


图4 光老化大侧基氨基酸摩尔分数与断裂强力的关系

出土于浙江安吉五福的文物样品大侧基氨基酸含量及其在光处理样品数据统计图中的位置如图5所示。由图5表明A1样品的大侧基氨基酸含量较少,老化较为严重,而后依次为A2、A3、A4。

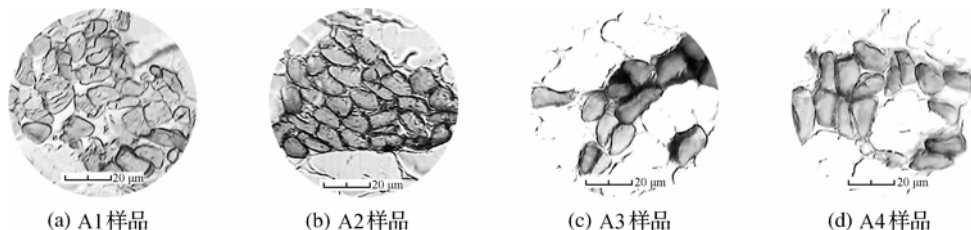


图6 安吉五福楚墓文物样品纤维横截面形态

新疆营盘汉晋墓出土丝织品文物的氨基酸测试数据统计结果如图7所示,观察文物样品大侧基氨基酸含量在光处理样品数据图中的位置可知,样品X1的老化程度最为严重,紧接着依次为X2、X3、X4。

新疆营盘汉晋墓文物样品纤维横截面形态如图8所示。从图8中可以看出,样品X1的纤维边缘模糊,截面积也较其余三个样品小,劣化状况是该四个文物样品中最严重的;X2、X3两个样品的截面形态较为相近,三角形截面轮廓较为清晰,只有少量较细

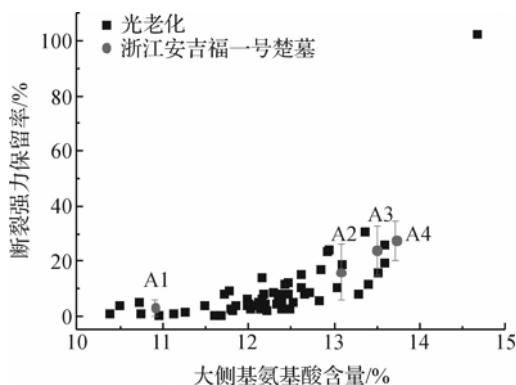


图5 安吉五福楚墓文物样品大侧基氨基酸含量在老化样品数据图中的位置

安吉五福楚墓文物样品的纤维横截面形貌如图6所示。由图6可以看出,A1样品丝纤维横截面的整体结构虽然没有完全被破坏,还能看出三角形截面形态,但纤维内部有大量明显裂隙,说明纤维内部劣化严重,虽然外观形态还在,但纤维本身已基本没有抵抗外力的性能;A2样品纤维中三角形截面形态尚完整,部分丝纤维内部有裂隙,但没有A1样品严重;而A3、A4样品虽然有劣化的情况,但纤维内部基本没有裂隙存在,其保存状况明显比A1和A2要好。图5中表明A1的老化情况最为严重,与其余三个文物样品差距较大,而其余三个文物样品之间老化程度较为相近,这也与图6中的横截面形态观察结果相符。综上,大侧基氨基酸含量对安吉五福楚墓文物样品的老化程度评估结果较为理想。

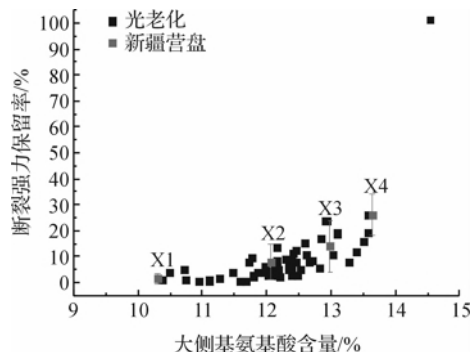


图7 新疆营盘汉晋墓文物样品大侧基氨基酸含量在老化样品数据图中的位置

的纤维已部分劣化,横截面内有裂隙,但仔细比较观察可以发现,X3样品纤维的截面积比X2要大,且较为完整,说明X3样品纤维表层被侵蚀的情况不如X2严重,这与图7中的测试结果情况相符合;X4

是该四个文物样品中截面积最大,劣化程度是最轻的,其基氨基酸含量也最高。以上分析结果说明,大侧基氨基酸含量能较为准确地评估了几个新疆营盘汉晋墓出土丝织品文物的劣化程度。

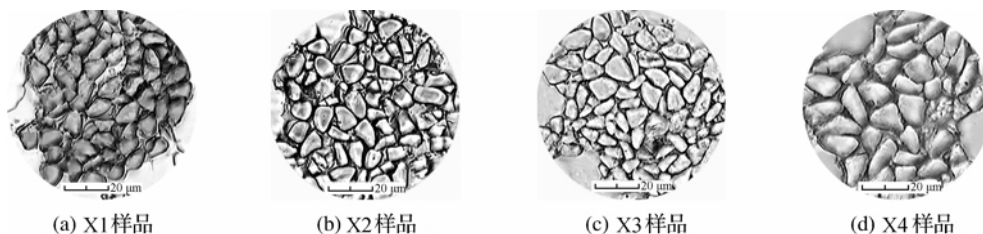


图8 新疆营盘汉晋墓文物样品纤维横截面形态

江西南昌明代墓出土丝织品文物的氨基酸测试数据统计结果如图9所示,观察文物样品大侧基氨基酸含量在老化样品数据图中的位置可知,样品J1的大侧基含量损失最多,说明其老化程度最为严重,其次依次为J2、J3、J4、J5,J5的保存状况最佳。

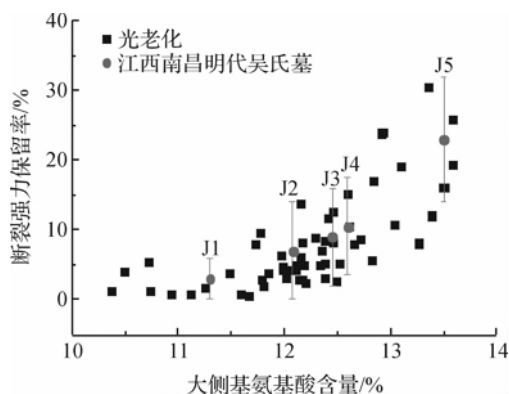


图9 江西南昌明代墓文物样品大侧基氨基酸含量在老化样品数据图中的位置

江西南昌明代墓文物样品纤维横截面形态见图10。从图10中可以看出,五个文物样品中,J1纤维横截面积最小,纤维内部有裂痕,劣化情况最严重;J2的纤维内部也有少量裂痕,其横截面积明显比

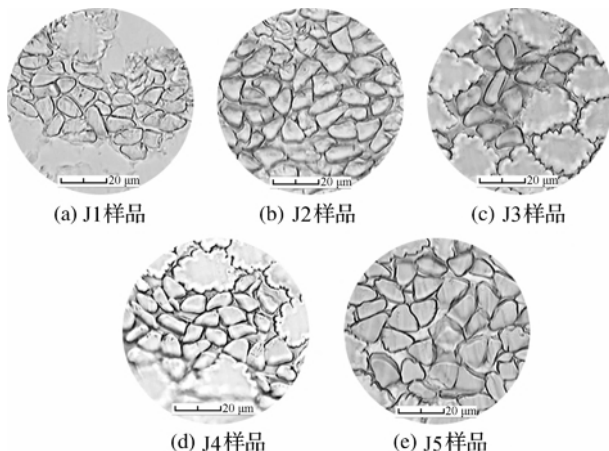


图10 江西南昌明代墓文物样品纤维横截面形态

J1要大;J3、J4、J5纤维内部都无明显裂痕,样品J5的横截面积最大,其保存状况最佳。综上所述横截面形态分析结果与大侧基氨基酸含量预估结果相吻合。

3 结论

随着光老化处理时间的增加,丝织品的断裂强力保留率不断下降,氨基酸持续损失。大侧基氨基酸含量对光处理样品老化程度的表征效果较好:随着大侧基氨基酸含量的减少,断裂强力保留率迅速下降,其下降速率由快到慢,且两者之间能形成一定的函数关系。此外,损失等值的断裂强力,光老化条件剧烈的老化样品要损失更多的大侧基氨基酸。通过对浙江安吉、新疆、江西南昌三处出土的不同时期的文物进行氨基酸测试,用大侧基氨基酸含量来估计文物样品的断裂强力保留情况,并与纤维横截面形态状况进行对比,证明了本文提出的大侧基氨基酸数据统计图对丝织品文物保存状况有较好的表征效果。即以甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、苏氨酸、脯氨酸、组氨酸六种氨基酸作为侧基较小的氨基酸,其余氨基酸作为大侧基氨基酸的归类处理方法能较好地表征丝织品文物的劣化程度。

参考文献:

- [1] 袁宣萍,赵丰. 中国丝绸文化史[M]. 济南: 山东美术出版社, 2009: 1-8.
- [2] 周静洁,林红,陈宇岳. 古代丝织品老化机理及其保护研究[J]. 苏州大学学报, 2007, 27(1): 60-64.
- [3] Spackman D H, Stein W H. Automatic recording apparatus for use in chromatography of amino acids[J]. Anal Chem, 1958, 30(7): 1190-1206.
- [4] Becker M A, Willman P, Tuross N C. The U. S. first ladies gowns: a biochemical study of silk preservation[J]. Journal of American Institute of Conservation,

- 1995, 34(2): 141-152.
- [5] Zhang X, Bergheb I V, Wyeth P. Heat and moisture promoted deterioration of raw silk estimated by amino acid analysis[J]. Journal of Cultural Heritage, 2011(4): 408-411.
- [6] 郑今欢, 邵建中, 刘今强. 蚕丝丝素纤维中氨基酸在丝素纤维的径向分布研究[J]. 高分子学报, 2002(6): 818-823.
- [7] Bergheb I V. Towards an early warning system for oxidative degradation of protein fibres in historical tapestries by means of calibrated amino acid analysis[J]. Journal of Archaeological Science 2012, 39(1): 1349-1359.
- [8] 张晓梅, 原思训. 老化丝织品的氨基酸分析研究[J]. 文物保护与考古科学, 2003, 15(4): 18-26.
- [9] 张阳阳. 不同地区不同茧丝结构的研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2013: 31-32, 50-52.
- [10] 张晓梅, 黄洁, 原思训. 丝织品在老化过程中及老化后在水、乙醇、丙酮中的失重行为[J]. 文物保护与考古科学, 2004(1): 13-19.
- [11] Li M Y, Zhao Y, Tong T. Study of the degradation mechanism of Chinese historic silk for the purpose of conservation[J]. Polymer Degradation and Stability, 2013, 98: 727-735.
- [12] Kushal S, Murugesh B K. Studies on Indian silk. I: macrocharacterization and analysis of amino acid composition[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2004, 92: 1080-1097.

Study on Representation of Amino Acid Content with Bulky-side Groups on Aging Degree of Silk Fabrics

JIA Li-ling¹, WU Zi-ying¹, ZHENG Hai-ling², ZHOU Yang², ZHAO Hong-ye¹, XING Meng-yang¹

(1. School of Materials and Textiles, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Key Scientific Research Base of Textile Conservation, China National Silk Museum, Hangzhou 310002, China)

Abstract: In order to explore the application of amino acid detecting technology in protection of textile cultural relics, the study of amino acid content of silk fabrics on the deterioration degree was evaluated. Tensile breaking force and amino acid content testing were conducted for silk fabrics after light aging treatment. The relationship between breaking force retention rate and amino acid content with bulky-side group was analyzed. The data statistics gained was used to predict degradation of silk fabric cultural relics unearthed from Anji in Zhejiang, Xingjiang, Nanchang in Jiangxi. The contrastive analysis of amino acid representation result of silk fabric cultural relic and cross-section morphology of the fiber proved that amino acid content with bulky-side group had good representation effect on degradation of silk fabric cultural relic.

Key words: silk fabric; amino acid with bulk-side group; breaking force; deterioration degree; cultural relic evaluation;

(责任编辑: 张祖尧)