

第二部分 圆珠笔、复写纸字迹固色

圆珠笔、复写纸字迹中的盐基品蓝、盐基青莲等油溶性染料溶解于油酸、蓖麻油酸、蓖麻油、机油等不干性植物油、矿物油中，成为字迹发生扩散、褪色的关键成因，或者说，发生扩散、褪色是必然的。但是盐基品蓝、盐基青莲等均属芳基甲烷染料，与蓝墨水、红墨水等染料能形成不溶于水的色淀类似，上述油溶性染料亦能形成不溶于水的色淀，从而改变其随油运移的性质，使其由不耐久的字迹变为耐久字迹。

1 圆珠笔、复写纸字迹固色机理研究

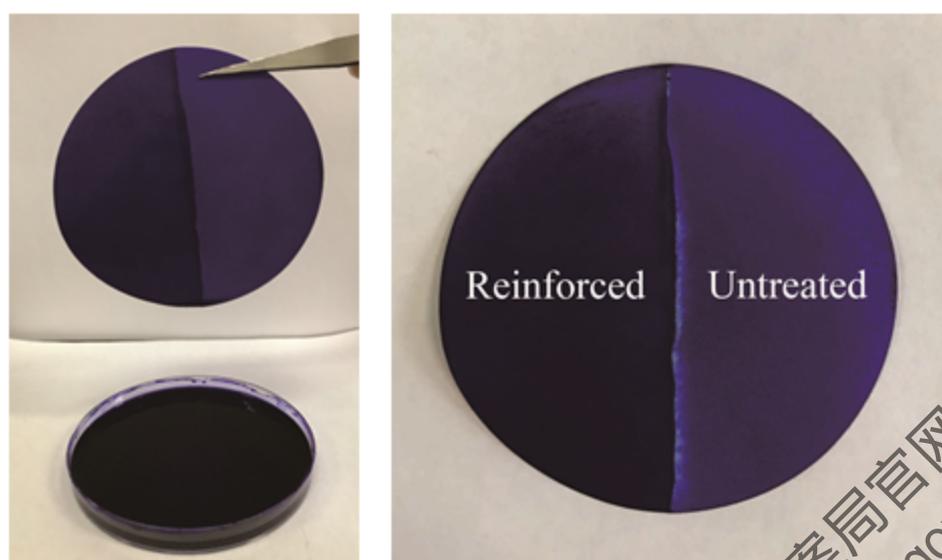
研究发现，微量磷钨酸、磷酸能使盐基品蓝、盐基青莲、苯胺黑、碱性品红等油溶性染料质子化，并与氢氧化钡共生色淀，这种色淀不溶于油和有机溶剂，耐久性显著增强。

将圆珠笔油墨溶解于丙酮溶液，分别倒入两个小瓶之中，作为试验样与对照样。试验样先滴加含有 1.6%磷钨酸与 3.2%磷酸的乙醇溶液，再滴加 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 的饱和甲醇溶液，磷酸、磷钨酸、氢氧化钡形成的沉淀会吸附蓝色染料，共生蓝色色淀，蓝色丙酮溶液变浅，说明该色淀不溶于丙酮。



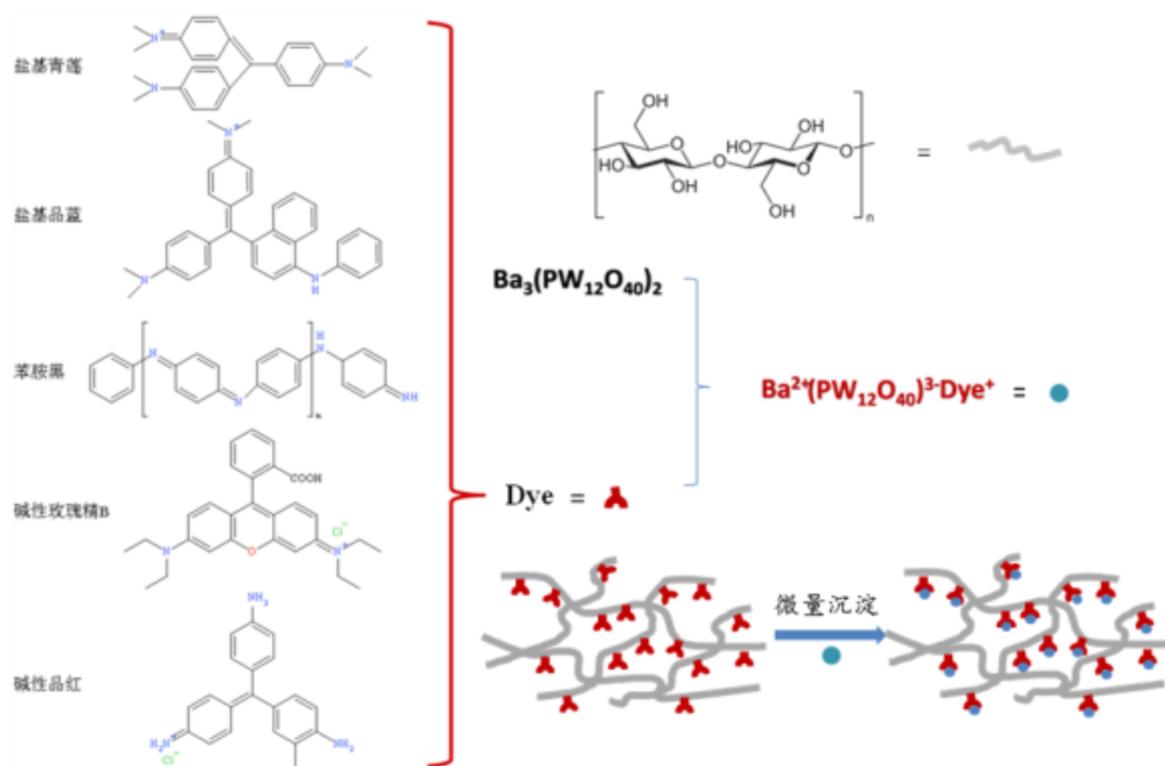
加固剂使油墨沉淀

用丙酮溶解圆珠笔油墨放入培养皿中，滤纸对折，一半先滴加含有 1.6%磷钨酸与 3.2%磷酸混合乙醇溶液，后滴加 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 的饱和甲醇溶液，风干后将滤纸在表面皿中充分浸泡后取出。可以看出，处理的一半颜色保持原状，而另一半颜色变浅，说明生成的色淀不溶于丙酮并吸附于纸张之上，耐久性增强。

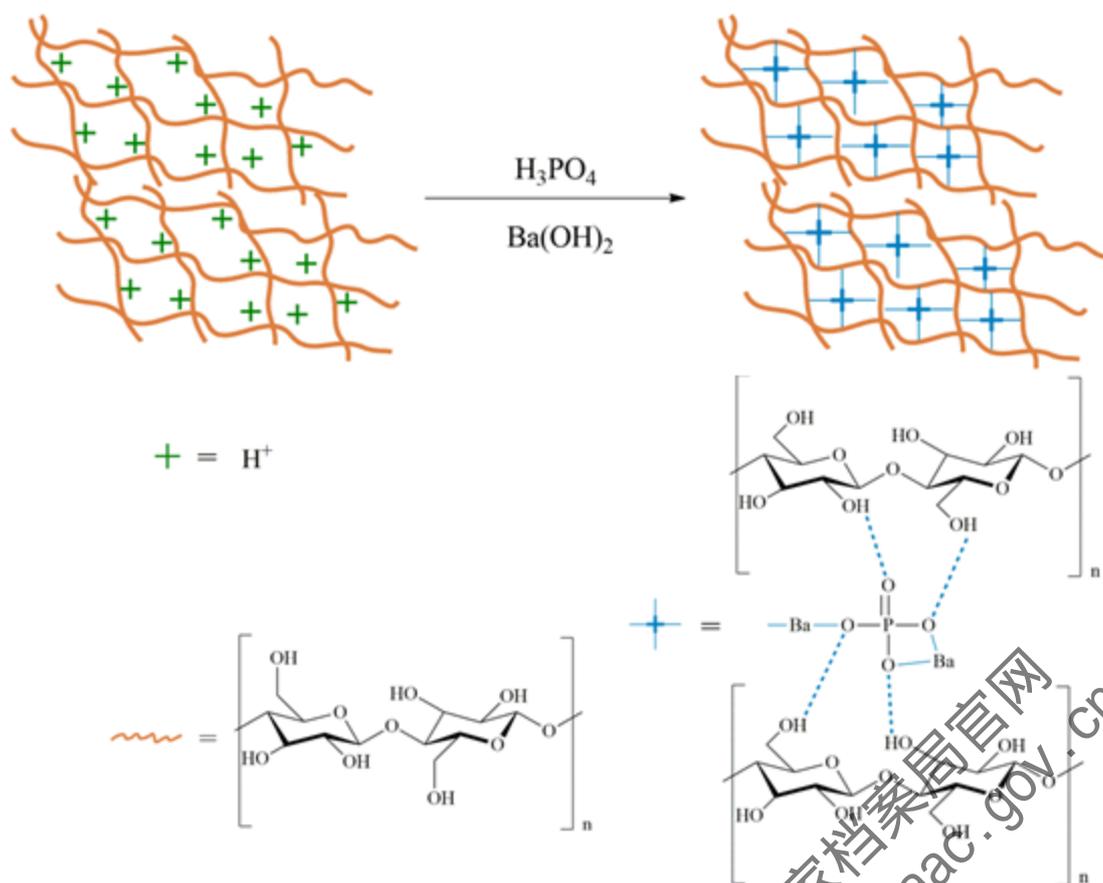


未加固、已加固滤纸样品吸附圆珠笔油墨对比图

磷酸钡、磷钨酸钡微量沉淀对圆珠笔、复写纸字迹的加固机理：



磷酸钡、磷钨酸钡对纸张也具有加固作用：



2 圆珠笔、复写纸字迹加固剂的制备与操作工艺

圆珠笔、复写纸字迹属油溶性，选用何种溶剂溶解或承载磷酸、磷钨酸、氢氧化钡，将其沉积在圆珠笔、复写纸字迹档案中形成色淀，非常关键。若选用纯有机溶剂涂在档案上，必然造成字迹扩散，破坏原貌；如果选用纯水涂在档案上，风干过程中必造成纸张发皱。经筛选试验，选用 50%水-乙醇为磷酸、磷钨酸的溶剂，甲醇为 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 的溶剂，先后渗入纸张，既能完整保持字迹原貌，风干过程中又不会使纸张发皱。基于上述试验，制备出 FWP 圆珠笔、复写纸字迹固色剂，包括 FWP₁、FWP₂ 两种。

FWP₁：溶剂乙醇 50%、水 50%，磷钨酸 1.6%，磷酸 3.2% (V/V)。

FWP₂： $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 的饱和甲醇溶液。

操作工艺：

步骤 1，用镊子夹脱脂棉球蘸上 FWP₁ 固色剂，涂在圆珠笔、复写纸字迹档案上，自然风干或用电吹风吹干。

步骤 2，用镊子夹脱脂棉球蘸上 FWP₂ 固色剂，涂在已涂 FWP₁ 之处，自然风干或用电吹风吹干。重复三遍。



未加固档案扩散模糊

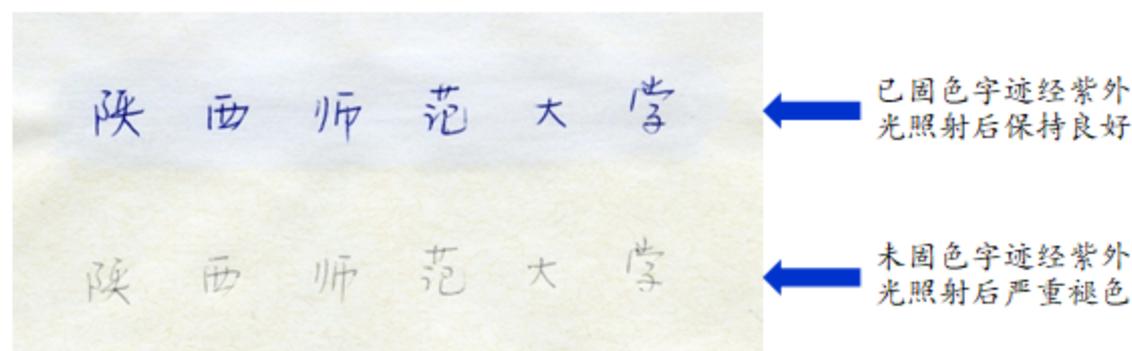
1997 年加固的档案，保持清晰

3 对字迹与纸张加固作用加速老化系统评价

为了验证 FWP 对圆珠笔、复写纸字迹档案的加固作用，本课题分字迹、字迹涂布纸张、纸张三种情况进行加速老化。

3.1 FWP 固色剂对字迹加固作用的紫外光老化

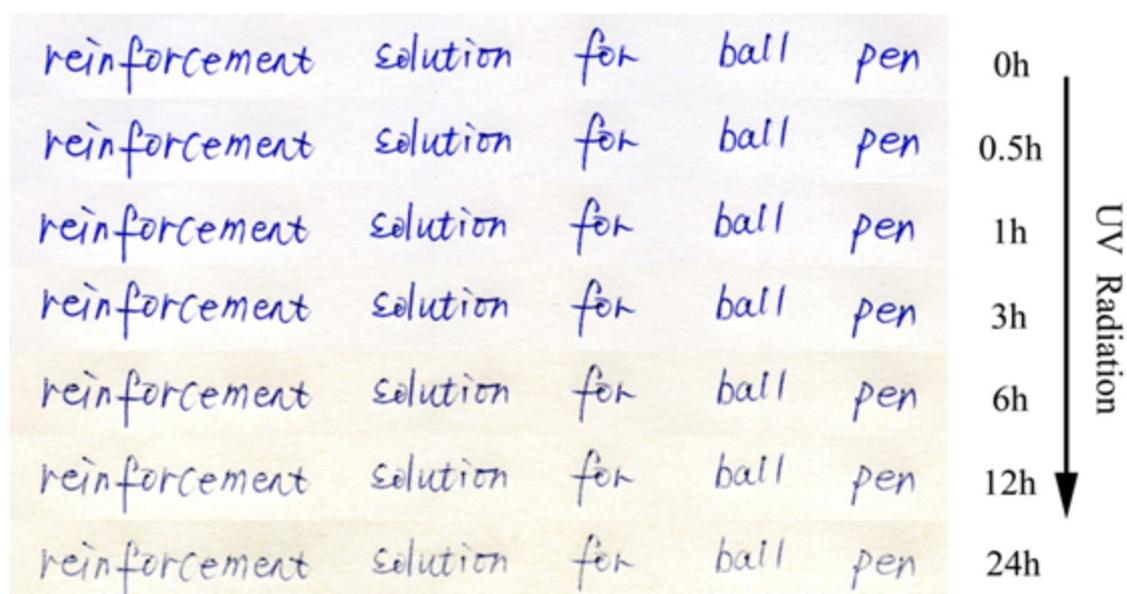
用紫外光灯对未加固和已加固的圆珠笔字迹进行 72 小时的紫外光照射。



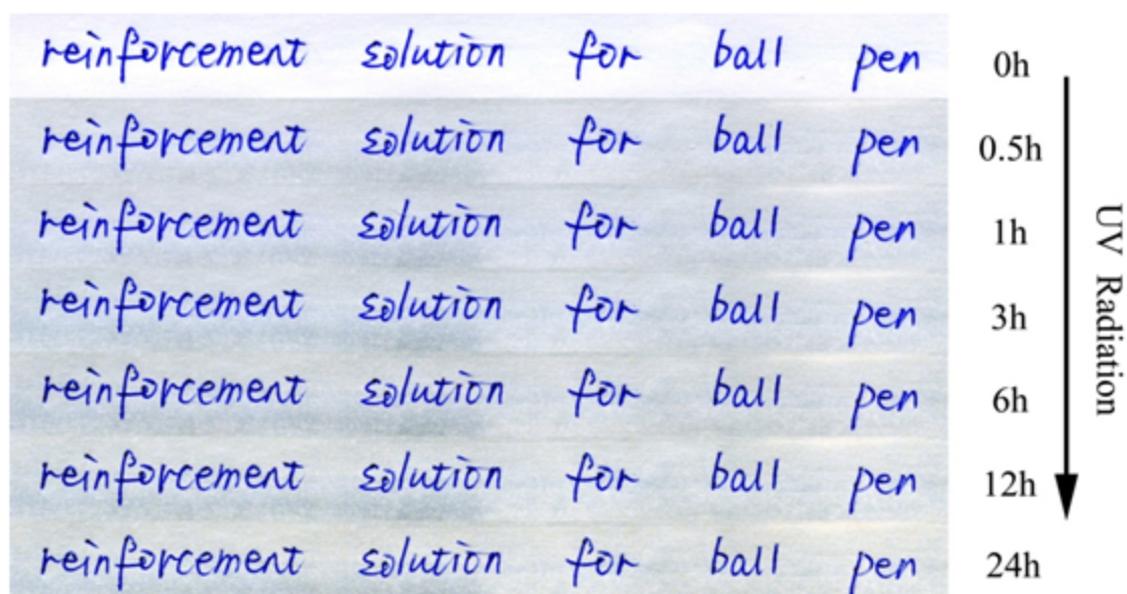
加固与未加固字迹紫外光老化对比图

由对比图可以看出，加固过的字迹经过紫外光照并在自然环境下平衡后，字迹没有任何褪色，纸张依旧保持原有的白度，几乎没有任何变化。相比之下，未加固的圆珠笔字迹已经褪色模糊，并且纸张明显泛黄。

为了进一步探究在紫外光下加固剂对圆珠笔字迹和纸张的影响，将未加固和已加固的字迹在紫外光照下光照不同的时长后用扫描仪记录变化状态，经过紫外光照 0.5h、1h、3h、6h、12h 和 24h 的字迹状态和纸张状态如下图所示。



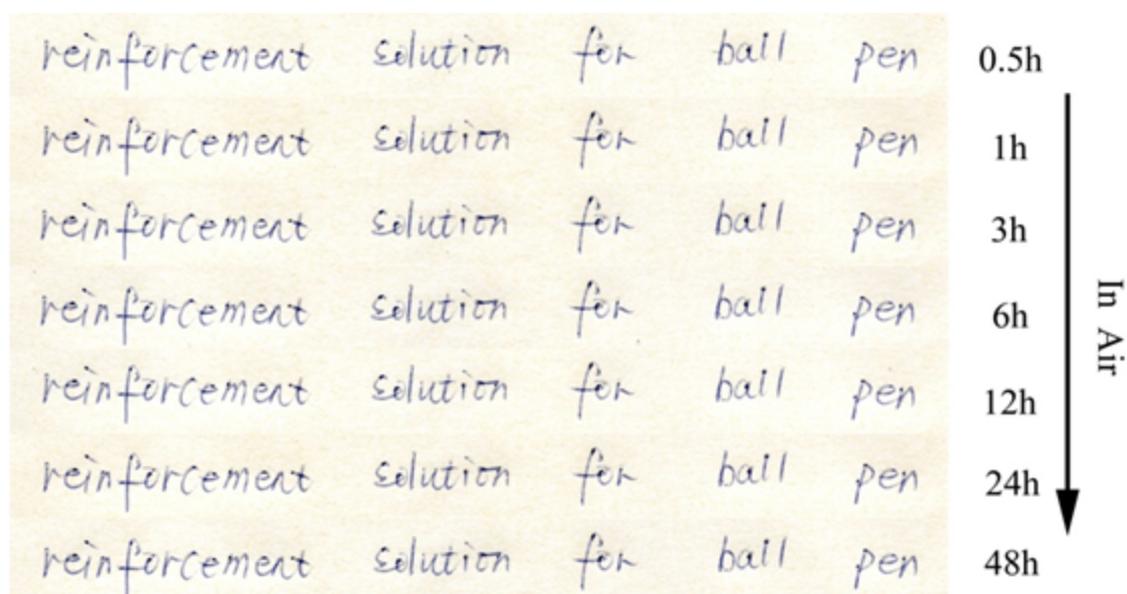
不同紫外光照时间下的未加固圆珠笔字迹



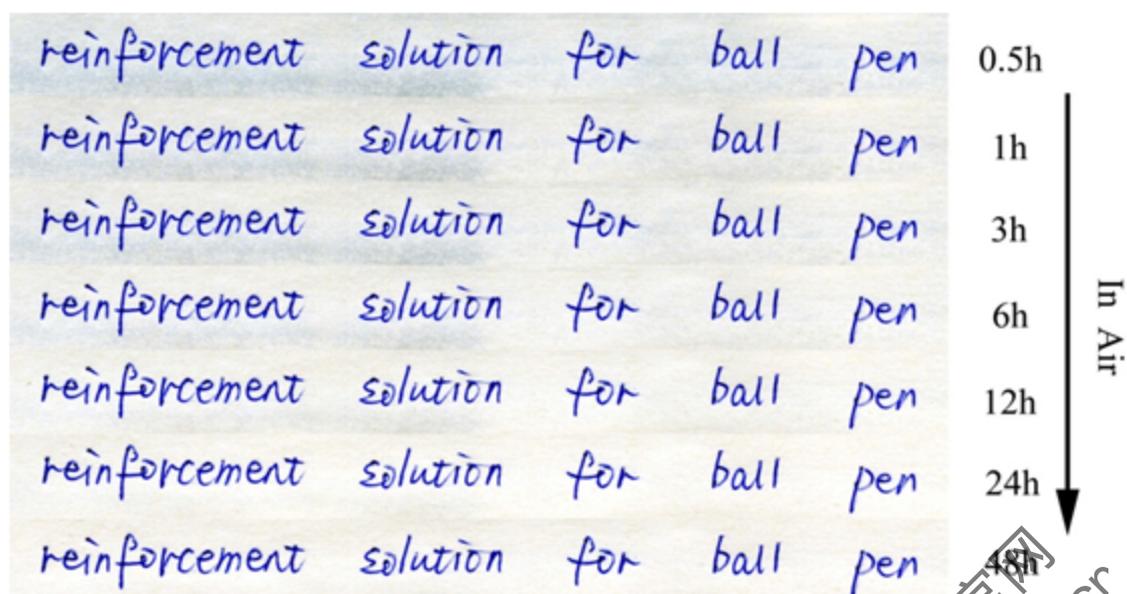
不同紫外光照时间下的已加固圆珠笔字迹

由图看出，未加固的圆珠笔字迹随着紫外光照时间的增加逐渐褪色，光照一天后，字迹已模糊不清，有些笔画已经发生严重的褪色，其纸张也在逐步的变黄，实际上是纸张内纤维大分子链的断裂。相比之下，加固过的圆珠笔字迹色泽保持不变，即使经过 24h 的紫外光照，其字迹仍然清晰可辨，纸张中的磷钨酸经吸收紫外光后形成了杂多蓝，形成的色淀既能保护油墨字迹，也能防止纸张发黄降解。

将紫外光照 24h 后的样品放置在空气中后，可以看到，未加固的字迹依然模糊不清，而令人惊喜的是，在空气中将加固过的样品放置两天后，圆珠笔字迹色泽保持良好，而且纸张上的蓝色也在慢慢褪去，这是由于杂多蓝中的 W 离子在空气的作用下发生的氧化还原作用。



空气中不同放置时间下的未加固圆珠笔字迹



空气中不同放置时间下的加固圆珠笔字迹

3.2 FWP 固色剂对字迹涂布纸张加速老化系统评价

为了验证 FWP 固色剂对字迹笔划以下纸张的加固作用，选取厚

度均匀的 pH 约为 4 的含矾纸张，将圆珠笔芯的笔头去掉，将其垂直放在烧杯中，将油墨流出，用刷子将圆珠笔的油墨均匀刷在纸上，然后进行加固，同时以未加固的纸张作对比。通过四种人工加速老化模拟试验，使其各项物化性能与实际纸质文物档案接近，具体老化方法分别是：在 105℃ 的温度下，干热老化 72h；在温度为 80℃、湿度为 65% 的条件下，湿热老化 72h；在试验温度 25℃，紫外灯功率 60W，垂直照射距离 5cm，紫外老化 72h；将质量分数为 1% 的盐酸水溶液装入喷壶中，均匀的喷在试样上，对纸张酸化。分别测定四种老化方法老化前后纸张的色差、耐折度、抗张强度、撕裂度、耐破度，具体测试方法和测试结果如下：

1、抗张强度的测定

抗张强度是指在标准试验方法规定的条件下，单位宽度的纸断裂前所能承受最大拉力。抗张强度是纸张力学特征中的重要参数之一，抗张强度又是最常用的纸张强度指标，在测定时外力通过纤维网络在纤维间传递，作用于纤维与纤维之间的剪切力导致纤维间结合的破坏，当剪切力增大到超过纤维间结合的抗剪强度时，纤维间结合就会发生断裂。

将纸样按纵横向裁剪成长 250mm，宽 $15 \pm 0.1\text{mm}$ 足够数量的纸条，以保证纵向和横向各有 10 个有效的数据（如距夹头 10mm 以内断裂者，应除去不记）。纸样不允许有任何纸病，纸样的两个边应是平直的，切口应整齐无任何损伤。采用 J-KZ1000 型摆锤式抗张试样机（长江造纸仪器有限公司）按国标 GB/T453-2002 进行纸样的抗

张强度测定（恒速加荷法）。

2、耐折度的测定

耐折度是指纸张在一定张力下所能经受 180 度往复折叠的次数。耐折度是纸张机械强度指标中对于人工加速老化反映最为灵敏的指标，对于评价纸张的耐久性具有较大参考价值。耐折度主要取决于纸张纤维本身的强度、平均长度和纤维间的结合力大小等因素。耐久性较差的纸张在老化后，纤维素本体更容易发生氧化和断裂，使得纸质开始变硬发脆，表现出老化的特征。通过测定老化前后纸样耐折度的变化，可以评价纸张的耐久性强弱。耐折度性能指标数值比较大的则说明老化过程对其纸张纤维破坏程度较小，数值比较小的则说明老化过程对其纸张纤维破坏程度较大。

将纸样按纵横向裁剪成长 250mm、宽 $15 \pm 0.1\text{mm}$ 足够数量的纸条，以保证纵向和横向各有 10 个有效的数据（如距夹头 10 mm 以内断裂者，应除去不记）。纸样不允许有任何纸病，纸样的两个边应是平直的，切口应整齐无任何损伤。采用 MIT135 型电脑测控耐折度仪（蓝博仪器有限公司）按国标 GB/T2679.5~1995 进行试样的耐折度测定（MIT 耐折度仪法）。

3、撕裂度的测定

撕裂度是指撕裂纸时所做的功。在表示纸的机械强度的指标中，撕裂度具有重要的意义。本课题采用内撕裂法表示，是指在规定的条件下，已被切的纸沿切口撕开时所需要的力，单位是 mN。由于纸撕裂时要把纤维从样品中拉出，或者要把纤维撕断，所以撕裂度的大小

取决于纤维的平均长度，其次是纤维间的结合力、纤维的排列方向、纤维本身的强度及纤维的交织情况等，撕裂度随着纤维的长度增加而增加。通过测定模拟试样柔韧前后撕裂度的变化，可以评价试样的耐撕裂性强弱。

将纸张按纵横向裁剪成长 $75 \pm 2\text{mm}$ 、宽 $63 \pm 0.5\text{mm}$ 足够数量的纸条，以保证纵向和横向各有 10 个有效的数据（如距夹头 10mm 以内断裂者，应除去不记）。每个方向做 10 次有效的试验，若试样撕裂线的末端与刀口延长线左右偏斜超过 10mm，应弃去不记。采用 SL1000 型电脑测控撕裂度仪（蓝博仪器有限公司）按国标 GB/T455～2002 进行试样的撕裂度测定。

4、耐破度的测定

耐破度是指纸在单位面积上所能承受的均匀增加的最大压力，单位为 kPa，具体说它是通过一定面积的弹性胶膜向纸逐步施加压力，在这个过程中胶膜将试样顶起，当试样被顶破的瞬间，测量试样所能承受的最大压力，即为试样的耐破度。耐破度是纸的一项主要物理指标，它是表示纸张在不破裂时所能承受外压的程度，代表纸张的总强度与均匀性，主要受纤维间的结合力，纤维的平均长度，纤维本身的强度、匀度与纤维的交织、排列情况、伸长率等影响。通过测定老化前后纸样耐破度的变化，可以评价纸张的耐久性强弱。耐破度性能指标数值比较大的则说明老化过程对其纸张纤维破坏程度较小，数值比较小的则说明老化过程对其纸张纤维破坏程度较大。

不分纵横将纸张裁剪成大小为 $70\text{mm} \times 70\text{mm}$ 的纸条，做 10 次有

效的试验,若破裂形式在测量面积周边处破裂表明夹持力过高或在夹持时夹盘转动导致试样损伤,则应舍弃此组实验数据。采用DC-NPY1200 电脑测控纸张耐破度仪按国标 GB/T450~2002 进行试样的耐破度测试。

5、色差分析

常见的颜色都能用红、绿、蓝三基色光以不同的比例“拼”出来。为了便于对颜色的量度,根据色度学理论可知,任何色光的颜色都可以用三刺激值来表示。三刺激值可以用光学办法客观地测量。对不发光体,可以测量它在某种标准光源照射下的颜色(也称为物体色),实际上就是收集样品的反射光,然后测出这些反射光的刺激值。采用X-RiteVS-450 分光光度计测定四种老化方法老化前后未加固试样和加固试样的色差 ΔE ,取10组比较稳定的数值,然后取其平均值,测试结果见表4。依据GB/T11186-1989规定 ΔE 值越大说明颜色改变越大,反之则说明颜色改变越小。

上述测试结果见表1~4。

表1 紫外光热老化蓝色和红色圆珠笔字迹纸张各种物理性能的测试

强度		蓝色				红色			
		未加固		加固		未加固		加固	
		纵	横	纵	横	纵	横	纵	横
抗张强度 (N)	老化前	68.5	34.8	58.2	30.7	68.7	37.8	55.6	31.5
	老化后	53.5	29.2	51.8	28.6	54.7	28.6	53.5	30.6
	保持率%	78.1	83.9	89.0	93.2	79.6	75.7	96.3	97.1
耐折度 (单层)	老化前	177	107	90	63	191	95	97	60
	老化后	52	33	38	34	54	29	35	23
	保持率%	29.4	30.8	42.2	54.0	28.3	30.5	36.1	38.3
撕裂度	老化前	788	538	674	506	697	506	666	514

(mN)	老化后	430	385	500	425	458	363	488	398
	保持率%	54.6	71.6	74.2	84.0	66.3	71.7	73.3	77.4
耐破度 (kPa)	老化前	199		178		182		176	
	老化后	129		127		118		128	
	保持率%	64.8		71.3		64.8		72.7	
	色差	10.79		6.46		10.87		6.04	

注：表中实验数据均为 10 次有效测试平均值。

表 2 湿热老化蓝色和红色圆珠笔字迹纸张各种物理性能的测试

强度		蓝色				红色			
		未加固		加固		未加固		加固	
		纵	横	纵	横	纵	横	纵	横
抗张强度 (N)	老化前	68.5	34.8	58.2	30.7	68.7	37.8	55.6	31.5
	老化后	50.3	26.8	52.1	26.4	53.5	29.2	54.0	28.0
	保持率%	68.5	34.8	58.2	30.7	68.7	37.8	55.6	31.5
耐折度 (单层)	老化前	177	107	90	63	191	95	97	60
	老化后	25	20	26	17	29	22	32	18
	保持率%	14.1	18.7	28.9	27.0	15.2	23.2	33.0	30.0
撕裂度 (mN)	老化前	788	538	674	506	691	506	666	514
	老化后	460	362	490	464	393	369	532	466
	保持率%	58.4	67.3	72.7	91.7	56.9	72.9	79.9	90.7
耐破度 (kPa)	老化前	199		178		182		176	
	老化后	112		145		126		150	
	保持率%	56.3		81.5		69.2		85.2	
	色差	15.57		8.05		12.73		8.74	

注：表中实验数据均为 10 次有效测试平均值。

表 3 干热老化蓝色和红色圆珠笔字迹纸张各种物理性能的测试

强度		蓝色				红色			
		未加固		加固		未加固		加固	
		纵	横	纵	横	纵	横	纵	横

抗张强度 (N)	老化前	68.5	34.8	58.2	30.7	68.7	37.8	55.6	31.5
	老化后	49.4	27.6	49.8	26.5	50.9	30.3	51.3	28.0
	保持率%	72.1	79.3	85.6	86.3	74.1	80.2	92.3	88.9
耐折度 (单层)	老化前	177	107	90	63	191	95	97	60
	老化后	3	2	4	2	3	2	4	3
	保持率%	1.7	1.9	4.4	3.2	1.6	2.1	4.1	5.0
撕裂度 (mN)	老化前	788	538	674	506	691	506	666	514
	老化后	246	224	261	223	231	210	260	225
	保持率%	31.2	41.6	38.7	44.1	33.4	41.5	39.0	43.8
耐破度 (kPa)	老化前	199		178		182		176	
	老化后	114		134		106		148	
	保持率%	57.3		75.3		58.2		84.1	
色差		11.74		11.06		15.36		13.91	

注：表中实验数据均为 10 次有效测试平均值。

表 4 1%盐酸老化蓝色和红色圆珠笔字迹纸张各种物理性能的测试

强度		蓝色				红色			
		未加固		加固		未加固		加固	
		纵	横	纵	横	纵	横	纵	横
抗张强度 (N)	老化前	68.5	34.8	58.2	30.7	68.7	37.8	55.6	31.5
	老化后	52.6	25.5	54.4	29.1	52.3	26.3	53.8	29.3
	保持率%	76.8	73.3	93.5	94.8	76.1	69.6	96.8	93.0
耐折度 (单层)	老化前	177	107	90	63	191	95	97	60
	老化后	108	65	73	51	103	58	75	46
	保持率%	61.0	60.7	81.1	81.0	53.9	61.1	77.3	76.7
撕裂度 (mN)	老化前	788	538	674	506	691	506	666	514
	老化后	602	402	542	446	479	396	536	450
	保持率%	76.4	74.7	80.4	88.1	69.3	78.3	80.1	87.5
耐破度 (kPa)	老化前	199		178		182		176	
	老化后	122		134		114		136	

保持率%	61.3	75.3	62.6	77.3
色差	7.82	7.59	2.48	1.49

注：表中实验数据均为 10 次有效测试平均值。

为了进一步证明加固剂的有益效果，我们直接对复写纸进行加固，然后按照上述方法进行四种老化试验，测试老化前后未加固和已加固复写纸的色差，结果见表 5。

表 5 复写纸老化前后色差变化

	未加固	已加固
紫外	13.38	8.31
湿热	10.42	7.85
干热	12.68	8.78
HCl	9.94	2.45

注：表中实验数据均为 10 次有效测试平均值。

3.3 FWP 固色剂对纸张的脱酸作用

纸张酸度是纸张耐久性最重要的指标。用 FWP 处理常见书写纸后，其酸度均处于中性偏碱适宜范围。

FWP 固色剂处理纸张酸度对比测试表

纸张种类	50 年代 50g 有光纸	60 年代 60g 书写纸	40 年代 30g 有光纸	80 年代 60g 书写纸
未加固	5.40	5.73	5.69	4.84
已加固	7.95	8.05	8.06	7.99

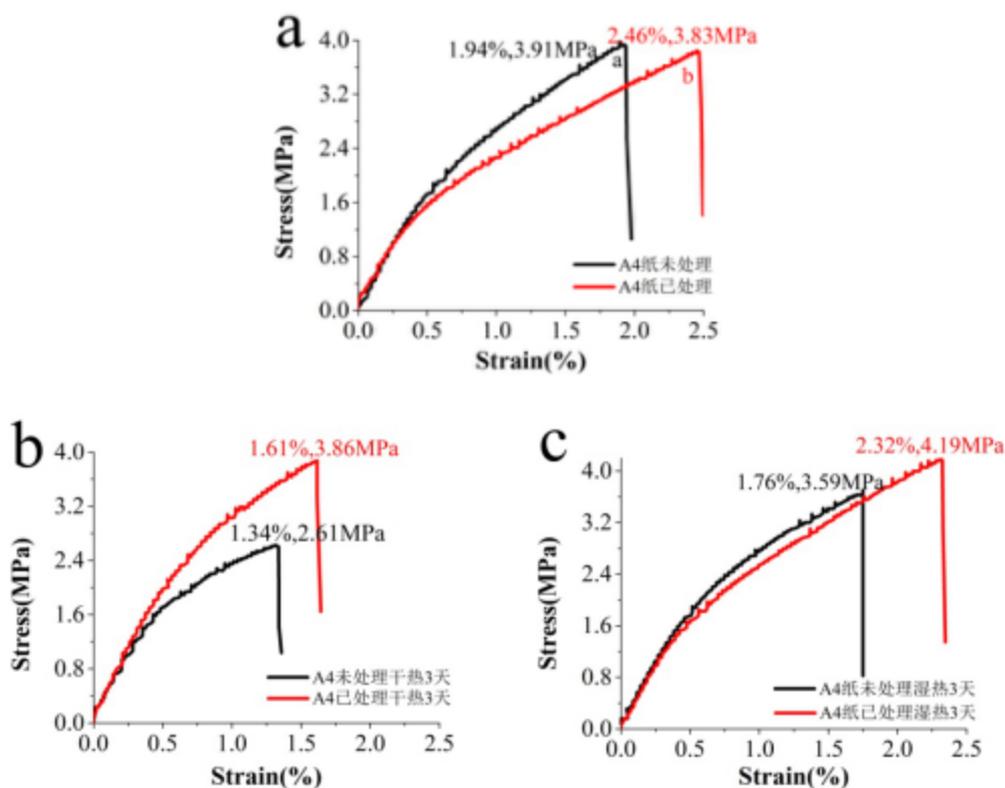
注：表中实验数据均为 10 次有效测试平均值。

3.4 FWP 固色剂对纸张加固作用加速老化系统评价

1) 抗张强度和伸长率

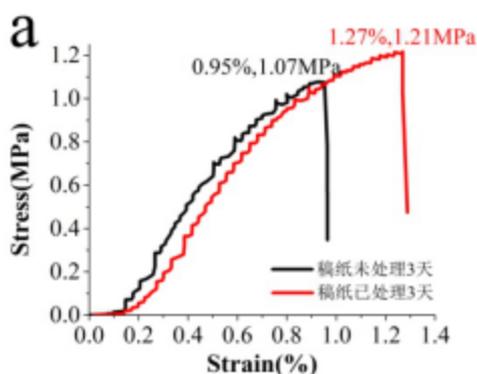
五种不同类型的纸张加固前后经未老化、干热老化和湿热老化后的应力应变曲线图如下所示，每种纸具有其独特的破坏应力（抗张强度）和破坏应变（伸长率）。由于紫外老化对纸面和油性染料字迹

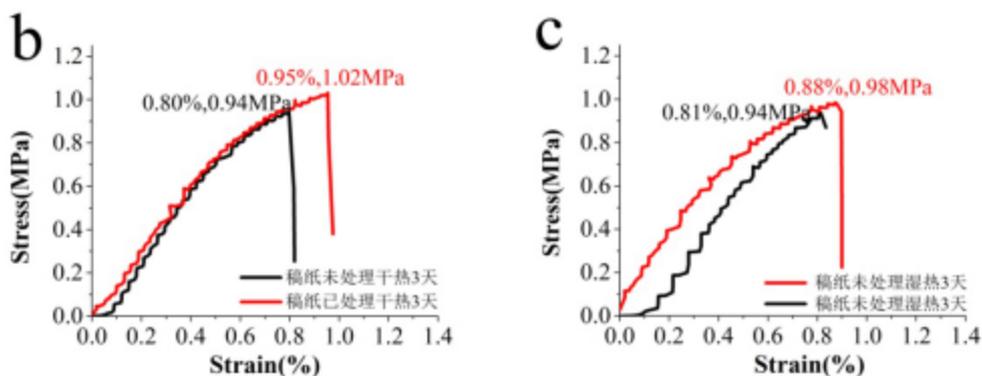
主要造成纸张发黄和油墨褪色的现象，但对纸张的机械性能影响不大，因此只选用了湿热老化和干热老化来对实验样品进行机械性能的评价。



A4 纸打印纸应力应变曲线

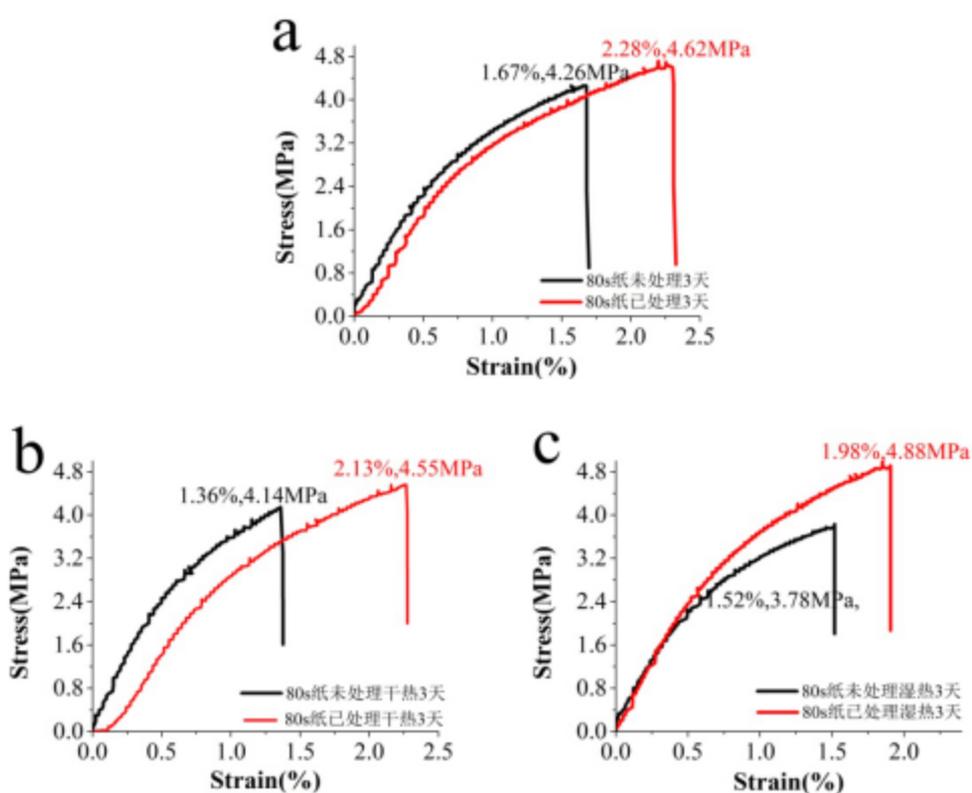
(a: 加固前后; b: 干热老化前后; c: 湿热老化前后)





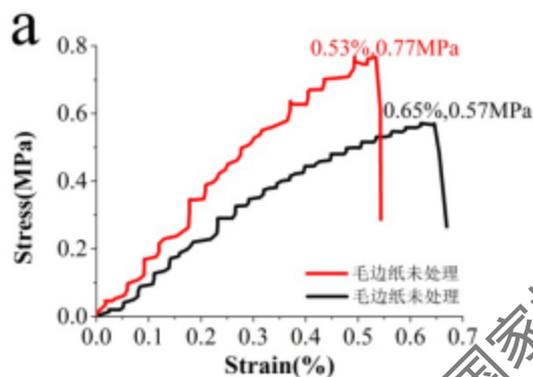
稿纸应力应变曲线

(a: 加固前后; b: 干热老化前后; c: 湿热老化前后)

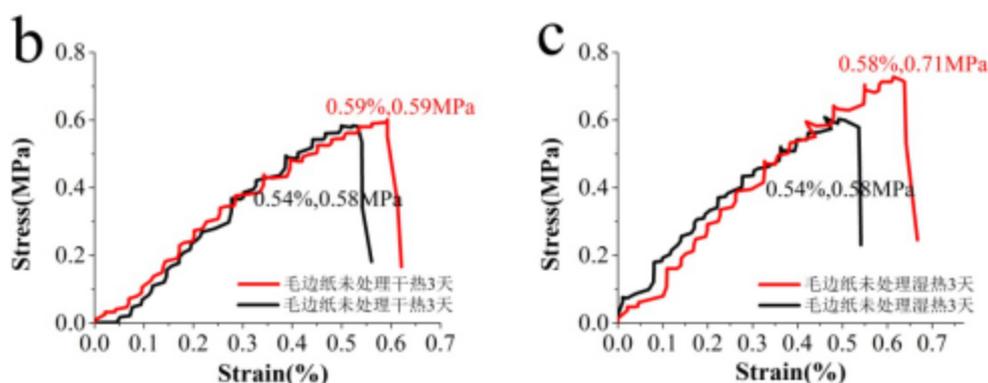


80s 纸应力应变曲线

(a: 加固前后; b: 干热老化前后; c: 湿热老化前后)

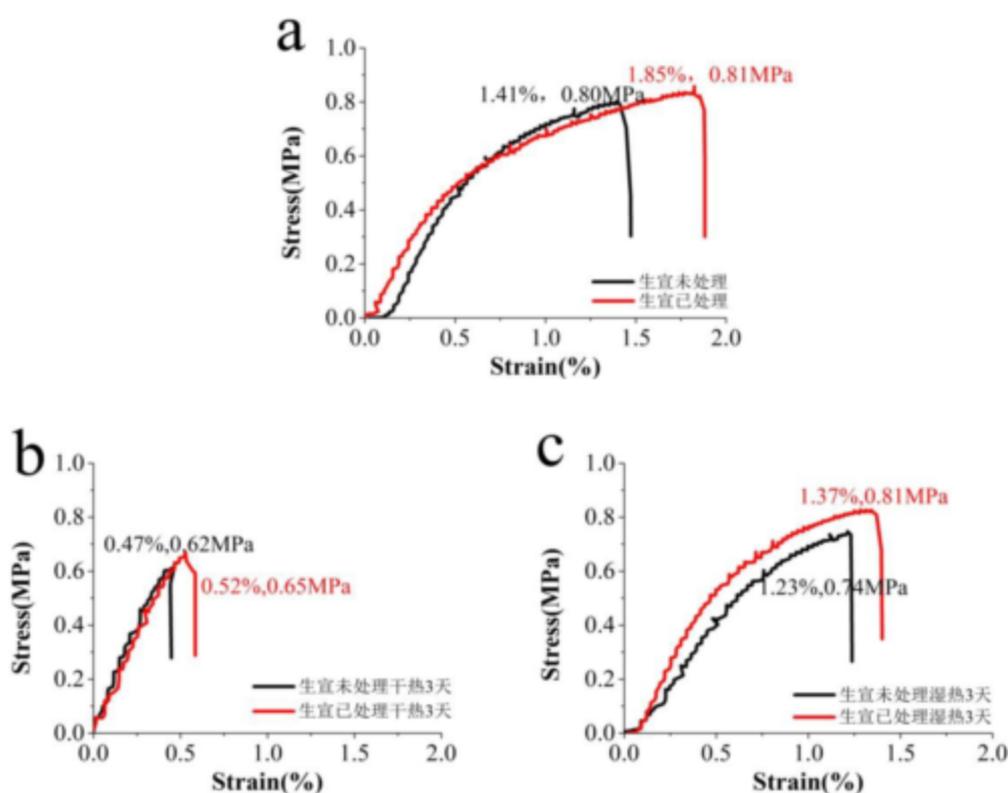


国家档案局官网
WWW.SAAC.GOV.CN



毛边纸应力应变曲线

(a: 加固前后; b: 干热老化前后; c: 湿热老化前后)



生宣纸应力应变曲线

(a: 加固前后; b: 干热老化前后; c: 湿热老化前后)

从应力应变曲线中看出，加固后纸张样品的抗张强度和伸长率明显要高于未加固的实验样品，而且抗老化性较好，主要的抗张强度和伸长率如下表所示。

纸加固前后、干热、湿热老化前后的抗张强度和伸长率数值

		A4 纸	稿纸	80s 纸	毛边纸	生宣纸
未	未加固	抗张强度 (MPa)	3.91	1.07	4.36	0.57
					0.57	0.8

老化	已加固	伸长率 (%)	1.94	0.95	1.67	0.65	1.41
		抗张强度 (MPa)	3.83	1.21	4.62	0.77	0.81
干热老化	未加固	伸长率 (%)	2.46	1.27	2.28	0.53	1.85
		抗张强度 (MPa)	2.61	0.94	4.14	0.58	0.62
	已加固	伸长率 (%)	1.34	0.8	1.36	0.54	0.47
		抗张强度 (MPa)	3.86	1.02	4.55	0.59	0.65
湿热老化	未加固	伸长率 (%)	1.61	0.95	2.13	0.59	0.52
		抗张强度 (MPa)	3.59	0.94	3.78	0.58	1.74
	已加固	伸长率 (%)	1.76	0.81	1.52	0.54	1.23
		抗张强度 (MPa)	4.16	0.98	4.88	0.71	0.81
		伸长率 (%)	2.32	0.88	1.98	0.58	1.37

从上表看出，经过加固的纸张的抗张强度和伸长率均有所增加，说明经加固后纸张的机械性能有一定程度的增强，在经过 72 小时的干热老化和湿热老化后，加固纸张的抗张强度和伸长率下降很小，而未加固纸张的抗张强度明显降低。

以 80s 纸为例，未加固纸张样品的抗张强度和伸长率分别为 4.26MPa 和 1.67%，经加固剂加固后，两者数值分别增加至 4.62MPa 和 2.28%，说明纸张的抗拉伸力和韧性都有一定程度的提高。经过干热老化后，未加固纸张样品的抗张强度和伸长率明显降低至 4.14MPa 和 1.36%，而已加固纸张样品变化很小，降至 4.55MPa 和 2.13%。当经过湿热老化后，未加固纸张样品的抗张强度和伸长率明显降低至 3.78MPa 和 1.52%，而已加固纸张样品数值变化仍然不大，分别为 4.88MPa 和 1.98%。经加固过的纸张耐久性和抗老化性明显提高。

总的来说，手工纸的物理强度明显小于机械纸的抗张强度，酸性纸张的机械强度也明显较小，但经加固后的纸张的物理性能呈现出明

显较好的抗老化性能。

2) 耐折度

衡量纸张物理性能的时候，耐折度也是一个重要的标准，对于纸张样品进行加固前后和不同条件下的老化前后进行比较如表所示。

加固前后、湿热和干热老化前后的耐折度

(双次)	类型	A4 纸	80s 纸	稿纸	毛边纸
未加固 未老化	纵向	139	140	34	4
	横向	56	40	7	2
已加固 未老化	纵向	134	133	48	3
	横向	72	25	10	2
未加固 湿热老化	纵向	101	98	13	2
	保持率 (%)	72.66	70.00	38.24	50.00
	横向	45	27	5	1
	保持率 (%)	80.36	67.5	71.43	50.00
	纵向	129	105	35	2
	保持率 (%)	96.27	78.95	72.92	66.67
已加固 湿热老化	横向	60	19	7	1
	保持率 (%)	83.33	76.00	70.00	50.00
	纵向	83	78	6	1
	保持率 (%)	59.71	55.71	17.65	25.00
	横向	32	21	2	1
	保持率 (%)	57.14	52.50	28.57	50.00
未加固 干热老化	纵向	87	98	11	1
	保持率 (%)	64.93	73.68	22.92	33.33
	横向	55	16	3	
	保持率 (%)	76.39	64.00	30.00	50.00

注：耐折度数据均为 10 次有效值的平均值，耐折度拉力为 9.82N。

从上表看出，经过加固前后各纸样的耐折度相差不多而且加固后的纸张样品的抗老化性能明显较好，表现为其保持率略高于未经加

固的纸张。

从纸张样品的耐折度和保持率来看，经加固过的纸张样品在经过干热老化、湿热老化后的耐折度数值明显大于未加固样品，已加固试样的保持率至少高于 10% 以上，由此说明加固过的纸张在经过老化后依然有较好的机械性能，呈现出良好的抗老化性能。值得注意的是，八十年代的稿纸和毛边纸在经过干热老化后纸张变得非常脆，难以测出其机械强度的数值，说明温度较高的环境下极不利于此类档案的保存。

3) 撕裂度的测试

撕裂度是纸张撕裂强度的一种量度，也是衡量纸张物理性能的一个重要标准，不同纸张样品在两种老化条件下的撕裂度数值如表 3-8 所示。

表 3-8 加固前后、湿热和干热老化前后的撕裂度

(kN/m)	类型	A4 纸	80s 纸	稿纸	生宣纸	毛边纸
未加固 未老化	纵向	291.2	377.6	56.2	238.8	80.2
	横向	335.5	410.6	114.3	457.9	90.8
已加固 未老化	纵向	283.6	358.8	50.8	233.6	85.5
	横向	330.8	426.9	110.5	421.7	93.6
未加固 湿热老化	纵向	200.2	253.8	30.5	183.6	56.8
	保持率 (%)	68.75	67.21	54.27	76.88	70.82
	横向	242.5	286.3	63.2	268.3	63.2
	保持率 (%)	72.28	69.73	55.29	58.59	69.6
已加固 湿热老化	纵向	251.3	302.1	40.2	189.1	76.2
	保持率 (%)	88.61	84.2	79.13	82.08	89.12
	横向	285.6	354.1	85.6	375.1	79.3
	保持率 (%)	86.34	82.95	79.47	88.97	84.72

未加固 干热老化	纵向	116.3	210.2	26.3	133.8	55.9
	保持率 (%)	39.94	55.67	46.80	56.03	69.70
	横向	139.2	221.3	60.9	206.3	62.8
	保持率 (%)	41.49	53.90	53.28	45.05	69.16
已加固 干热老化	纵向	130.2	223.5	32.2	158.1	65.6
	保持率 (%)	45.91	62.29	63.39	67.68	76.73
	横向	190.2	263.5	70.4	300.9	68.1
	保持率 (%)	57.50	61.72	63.71	71.35	72.76

注：撕裂度数据均为 10 次有效值的平均值。

从不同纸张样品的纸张撕裂度可以看出，使用油溶性染料字迹加固剂加固后的纸张样品的撕裂度相差不多，但是加固后的纸张样品的抗湿热和干热老化性能明显较好，表现为其保持率数值较高。