

桑枝重组方材透明涂饰性能研究

白 鹭,宋孝周*,肖建平¹,雷亚芳,陈 慧

(西北农林科技大学 林学院,陕西 杨陵 712100)

摘要:为了给桑枝重组方材透明涂饰工艺提供基础数据,采用硝基清底漆和聚酯清底漆涂饰,研究不同砂光处理对桑枝重组方材表面漆膜附着力的影响;系统测试经2种清底漆涂饰后桑枝重组方材表面色度学和光泽度参数的变化。结果表明:桑枝重组方材经过120#~400#的砂纸砂光处理后,2种清底漆涂饰后漆膜附着力均在2级以上;涂饰前后桑枝重组方材色度学特征的变化是渐变过程,与涂饰次数有关,第1遍涂饰对方材色度学参数的影响最为显著;桑枝重组方材经2种清底漆涂饰后光泽度均得到明显的提高,经聚酯清底漆涂饰后光泽度高于硝基清底漆涂饰,经2种清底漆涂饰3遍后,桑枝重组方材原有平行于纤维束和垂直于纤维束方向的光泽度差异几乎消失。研究结果为桑枝重组方材在产品包装、家具以及装饰等领域的高附加值应用提供了技术依据。

关键词:桑枝重组方材;透明涂饰;漆膜附着力;色度学;光泽度

中图分类号:S781.61 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2016)01-0271-05

Clear Painting Properties of Reconstituted Square Lumber Made from Mulberry Branch

BAI Lu, SONG Xiao-zhou*, XIAO Jian-ping, LEI Ya-fang, CHEN Hui

(College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to provide basic data for clear painting process of reconstituted square lumber made from mulberry branches, the effects of different sanding processes on painting film adhesion were studied by using nitrocellulose transparent primer and polyester transparent primer. The changes of painting chromaticity and glossiness parameter were also studied in the paper. The results showed that painting film adhesions painted with two types of primer were all above 2 level after sanding with 120#~400# sand papers. The change of painting chromaticity was a gradual process, which was concerned with painting times. The first time painting had the most significant impact on painting chromaticity. Glossiness improved significantly after painting with two types of primer. The glossiness painting with polyester transparent primer was higher than that painting with nitrocellulose transparent primer. Glossiness difference almost disappeared between parallel and vertical to the fiber bundle direction after 3 times painting with two types of primer. The results would provide technical basis for high value-added applications in product packaging, furniture and decoration, and other areas for reconstituted square lumber made from mulberry branches.

Key words: reconstituted square lumber made from mulberry branch; clear painting; painting film adhesion; chromaticity; glossiness

桑枝是桑蚕生产过程中的副产物,我国是桑蚕生产的发源地,桑树(*Morus alba*)资源丰富,每年都有相当可观的桑枝产出。除了用于食用菌栽培和一

些药物提取外,多数桑枝资源没有得到有效利用^[1-3]。桑枝含有丰富的纤维素、半纤维素和木质素,以桑枝为原料进行人造板材或方材开发对提高

收稿日期:2015-03-17 修回日期:2015-06-05

基金项目:国家林业公益性行业科研专项(201304511)。

作者简介:白 鹏,女,硕士研究生,研究方向:木材加工新技术。E-mail:bai810644664@126.com

* 通信作者:宋孝周,男,教授,研究方向:木质复合材料。E-mail:xzhsong@163.com

桑蚕生产效益、缓解木材资源供应紧张局面具有重要意义^[4]。

桑枝重组方材是一种新型人造生物质材料,它是在不打乱桑枝纤维排列方向、保留其基本特性的前提下,通过碾压疏解加工成网状桑枝束,经干燥、施胶、组坯和四面热压而制成^[5]。桑枝重组方材是接近实木的人造材料,对其物理力学、机械加工以及涂饰性能进行研究和优化,可使其代替木方料应用于产品包装、家具、建筑工程等领域。木质材料透明涂饰可以展现其自然纹理和色泽,提高表面光泽度,赋予表面光滑质感,提高木质材料的表面装饰效果和利用价值^[6-9]。涂饰性能的研究主要通过理化性能和外观视觉物理量 2 个方面进行评价,其中漆膜附着力是衡量涂饰性能的首要指标^[10-11]。目前,国内外学者主要对木材的透明涂饰工艺、漆膜附着力、色度学和光泽度变化等进行深入研究,对桑枝重组方材透明涂饰性能的研究还鲜有报道^[12-18]。

本研究采用不同粒度砂纸对桑枝重组方材表面进行砂光处理,研究不同砂光处理对桑枝重组方材透明涂饰后漆膜附着力的影响,分析不同次数透明涂饰后其表面色度学参数和光泽度的变化规律,为合理确定桑枝重组方材透明涂饰工艺,提高涂饰质量,为其在产品包装、家具以及装饰用材等领域的高附加值应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

桑枝重组方材:西北农林科技大学实验室自制,设计密度 $0.75 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,酚醛胶(北京太尔化工有限公司提供)按绝干桑枝束的 10%添加,热压温度 170℃,热压时间为 50 min,制备方材规格 400 mm × 40 mm × 50 mm,具体工艺过程同文献[5]。

涂料:紫荆花硝基清底漆,底漆:稀释剂 = 1 : 0.5,紫荆花涂料(上海)有限公司生产;宝塔山透明聚酯清底漆,底漆:固化剂:稀释剂 = 1 : 0.5 : 0.5,陕西宝塔山油漆股份有限公司生产。

砂纸:型号分别为 120#、180#、240#、320#、360#、400#,湖北玉立砂带集团股份有限公司生产。

试验主要仪器:SRM-1(A)粗糙度测量仪,苏州南光电子科技有限公司生产;QFH 附着力测试百格刀,上海润晋机电有限公司生产;SC-80C 型全自动色差计,北京康光仪器有限公司生产;KGZ60 型光泽度仪,天津市永利达材料试验机有限公司生产。

1.2 测试方法

1.2.1 漆膜附着力测试 将刨削和表面处理(清

洁、嵌补)后的桑枝重组方材分别用 120#、180#、240#、320#、360#、400# 的砂纸沿顺纹理方向进行砂光处理,并锯切成 70 mm × 48 mm × 20 mm 的试件,每组 5 块,然后采用表面粗糙度测量仪对试件表面横纹方向的表面粗糙度值进行测量,以轮廓算术平均偏差(R_a)作为评定表面粗糙度的参数。

分别用硝基清底漆和聚酯清底漆对试件进行手工涂刷 2 遍,在室温下放置 10 d 后分别对漆膜附着力进行测试,测试方法和漆膜附着力等级的评定参照我国 GB/T9286-1998《色漆和清漆 漆膜的划格实验》标准进行,漆膜附着力等级划分为 6 级,一般用途情况下,前 3 级是合格的。

1.2.2 涂饰前后视觉物理量测试 将桑枝重组方材表面统一用 240# 砂纸沿顺纹方向进行砂光处理,加工成 70 mm × 48 mm × 20 mm 的试件,共 2 组,每组 8 块,硝基清底漆和聚酯清底漆采用 3 次手工涂刷方式,每涂刷 1 遍待漆膜自然干燥后,用 400# 砂纸打磨后再进行下一次涂饰,对未涂饰的素材表面及每一遍涂刷打磨后的试件进行色度学参数和光泽度测试。

采用 CIE1976($L^* a^* b^*$) 标准色度学表色系统,利用 SC-80C 型全自动色差计对试件表面色度学参数进行测试,每块试件测 3 个不同的点,每点测 2 次,最后求其平均值,其中, L^* 表示明度, a^* 表示红绿轴色品指数, b^* 表示黄蓝轴色品指数。按照 GB4893.6-1985《家具表面漆膜光泽度测定法》,采用 KGZ60 型光泽度仪对每次测完色度学参数的试件表面进行平行纹理 GZL 和垂直纹理 GZT 2 个方向的漆膜表面光泽度测试,每个试件测 4 个点,每个点测 2 次,最后取平均值。

2 结果与分析

2.1 不同砂光处理对漆膜附着力的影响

漆膜附着力是衡量漆膜性能好坏的重要指标之一。桑枝重组方材经过 120#、180#、240#、320#、360# 和 400# 6 种不同粒度砂纸砂光处理后,其轮廓算术平均偏差 R_a 值分别为 2.3、1.8、1.5、1.3、1.2、1.0 μm ,随着砂纸粒度的增加,表面粗糙度逐渐降低。涂饰处理后,漆膜附着力的评定结果如表 1 所示。

由表 1 可知,试件经不同砂光处理后,表面涂饰硝基清底漆和聚酯清底漆后的漆膜附着力等级均在 2 级以上。试件经过 240#、320#、360# 砂光处理后的硝基清底漆表面以及经过 240#、320# 砂光处理后的聚酯清底漆表面漆膜附着力较好,割痕光滑,仅有极少交叉处有漆膜脱落,等级均为 1 级,其余不

同砂光处理后,2种清底漆的漆膜附着力等级均为2级。经过相同条件下的砂光处理,试件表面粗糙度值随着砂纸粒度的增加而减小,涂饰后漆膜附着力等级值随粗糙度的减小而先提高后降低,表1结果说明方材表面粗糙度过大或过小都会对漆膜附着力造成影响。

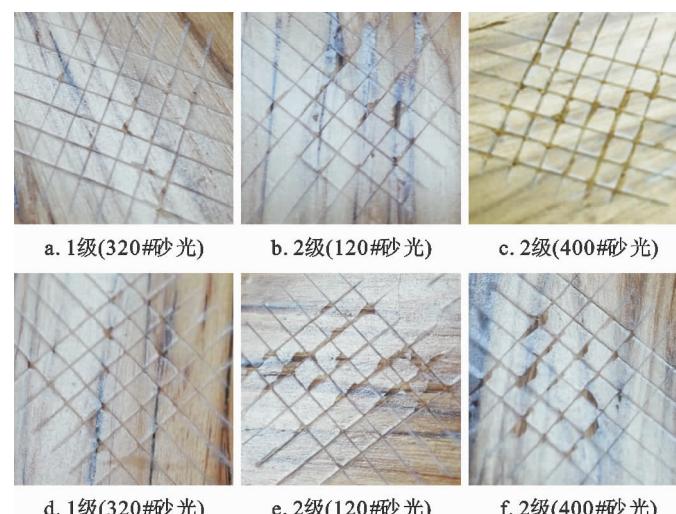
由图1可知,漆膜附着力为1级的试件a和d,漆膜切割线边缘较光滑,基材表面与漆膜形成的胶钉结构较稳定,漆膜脱落面积比例很小,仅在划痕交叉处有少量的漆膜剥落。漆膜附着力为2级的试件漆膜剥落面积相对较大,且剥落情况与表面不同砂光处理有关,其中,经120#砂纸处理后的试件(b和e)表面漆膜有明显的小片状剥落,而用400#砂纸

砂光处理后的试件(c和f)漆膜沿切割线有少量脱落,并在交叉处也有较多的剥落。试验还发现交叉部位漆膜在桑枝束胶层处时切割易出现剥落,胶层部位较桑枝纤维束光滑,漆在胶层处浸润性较差导致附着力较低。

表1 不同表面粗糙度的桑枝重组方材漆膜附着力等级

Table 1 Painting film adhesion level of reconstituted square lumber made from mulberry branches with different surface roughness after painting

漆种	不同目数砂纸砂光处理后漆膜附着力等级					
	120#	180#	240#	320#	360#	400#
硝基清底漆	2	2	1	1	1	2
聚酯清底漆	2	2	1	1	2	2



注:a、b、c 均为硝基清底漆涂饰,d、e、f 均为聚酯清底漆涂饰。

图1 不同漆膜附着力等级测试效果

Fig. 1 Visual effect of different painting film adhesion levels

此外,在漆膜等级为2级的试件中,采用聚酯清底漆涂饰后的试件(e和f)漆膜剥落面积比例略大于硝基清底漆涂饰的试件(b和c),用120#和400#砂光处理后聚酯清底漆漆膜均以切口边缘小片状剥落为主,切割线附近较粗糙,说明硝基清底漆涂饰的漆膜附着力性能较优于聚酯清底漆。

2.2 涂饰前后桑枝重组方材色度学参数变化

由表2可知利用硝基清底漆和聚酯清底漆涂饰后的试材与素材相比,表面色度学参数均发生不同程度的变化。与素材相比,硝基清底漆和聚酯清底漆涂饰后的试件明度L*均降低,涂饰第1遍后两者的明度差ΔL*分别是-4.53和-7.00,明度降幅均比较明显,经后2遍涂饰后,ΔL*变化幅度均逐渐减小,随着涂饰次数的增加,桑枝重组方材经2种涂饰后的明度均趋于稳定。

经硝基清底漆涂饰第1遍后,桑枝重组方材的红绿轴色品指数a*和黄蓝轴色品指数b*均比素材

有明显的增加,Δa*和Δb*分别为1.63和7.18,而后2遍涂饰后,a*和b*变化不显著;色饱和度C*在涂饰第1遍硝基清底漆后增幅显著,ΔC*为7.36,后两遍涂饰处理后变化幅度不明显;色相H逐渐减小,但变化幅度非常小;总体色差ΔE*的变化呈现明显的规律性,涂饰第1遍后,ΔE*为8.64,变化显著,而经后2遍涂饰后,ΔE*数值急剧降低,说明随着硝基清底漆涂饰遍数的增加,颜色趋于稳定。

经聚酯清底漆涂饰后,a*、b*和C*呈现相同的变化规律,即涂饰第1遍后,均比素材有明显的提高,Δa*、Δb*和ΔC*分别为2.88、8.37、8.84,而经后2次涂饰后变化不明显;H和ΔE*变化规律与硝基清底漆涂饰相似。

从色度学参数变化分析,桑枝重组方材素材经过3次硝基清底漆和聚酯清底漆涂饰后,颜色均呈现偏红、偏黄的变化趋势,且偏黄变化较为明显,具体如图2所示,但聚酯清底漆涂饰后的明度差和色

表 2 涂饰前后漆膜色度学参数变化

Table 2 Changes of colorimetric parameters before and after painting with two kinds of clear varnish

漆种类	涂饰遍数	L^*	a^*	b^*	C^*	H	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔC^*	ΔH^*
硝基清底漆	0	73.65	7.39	26.10	27.13	75.07						
	1	69.12	9.02	33.28	34.49	74.88	-4.53	1.63	7.18	8.64	7.36	-0.19
	2	68.12	9.09	33.43	34.80	74.83	-1.00	0.07	0.15	1.01	0.31	-0.05
	3	67.94	9.18	32.91	34.19	74.40	-0.18	0.09	-0.52	0.56	-0.61	-0.43
聚酯清底漆	0	73.92	6.63	25.12	26.00	75.23						
	1	66.92	9.51	33.49	34.84	74.28	-7.00	2.88	8.37	11.29	8.84	-0.95
	2	66.40	9.35	33.07	34.39	74.29	-0.52	-0.16	-0.42	0.69	-0.45	0.01
	3	65.99	9.23	33.06	34.35	74.27	-0.41	-0.12	-0.01	0.43	-0.04	-0.02



图 2 桑枝重组方材涂饰前后表面颜色变化

Fig. 2 Surface color change of reconstituted square lumber made from mulberry branch before and after painting

差变化幅度均大于硝基清底漆涂饰,说明在保持天然材色方面硝基清底漆涂饰效果略优于聚酯清底漆。

2.3 涂饰前后桑枝重组方材光泽度变化

采用 KGZ60 型光泽度仪对桑枝重组方材平行纹理光泽度 GZL 和垂直纹理的光泽度 GZT 进行测试(表 3)。由表 3 可知,2 种漆第 1 遍涂饰后,无论是平行于桑枝纤维束方向还是垂直于桑枝纤维束方向,其光泽度均显著提高,经硝基清底漆涂饰第 1 遍后,GZL 和 GZT 分别从素材的 5.1% 和 4.6% 增加到 21.6% 和 19.6%,分别提高了 3.2 倍和 3.3 倍,涂饰第 2、3 遍后,GZL 和 GZT 分别是 31.6%、32.2% 和 28.7%、29.7%,增加幅度较小,光泽度差异不大;经聚酯清底漆涂饰第 1 遍后,GZL 和 GZT

分别从素材的 5.2% 和 4.6% 增加到 45.5% 和 41.0%,分别提高了 7.8 倍和 7.9 倍,涂饰第 2、3 遍后,光泽度差异也不明显。在 3 次涂饰中,硝基清底漆涂饰的 GZL、GZT 最高值分别为 32.2%、29.7%,属于亚光 1 级,聚酯清底漆涂饰的 GZL、GZT 最高值分别是 52.4%、47.5%,属于高光泽 4 级。

桑枝重组方材经聚酯清底漆涂饰后光泽度远高于硝基清底漆涂饰,经 2 种透明涂饰后,桑枝重组方材的光泽度比 GZL/GZT 逐渐降低,涂饰到第 3 遍时,两者 GZL/GZT 值分别是 1.07 和 1.08,接近 1,说明桑枝重组方材原有平行于纤维束和垂直于纤维束方向的光泽度差异几乎消失。

表 3 桑枝重组方材涂饰前后漆膜光泽度变化

Table 3 Glossiness change of reconstituted square lumber made from mulberry branch before and after painting

漆种类	涂饰次数	GZL/%	GZT/%	GZL/GZT	$\Delta GZL/%$	$\Delta GZT/%$
硝基清底漆	0	5.1	4.6	1.11		
	1	21.6	19.6	1.10	16.5	15
	2	31.6	28.7	1.10	10.0	9.1
	3	32.2	29.7	1.08	0.6	1.0
聚酯清底漆	0	5.2	4.6	1.13		
	1	45.5	41.0	1.11	40.3	36.4
	2	52.4	47.5	1.10	6.9	6.5
	3	49.9	46.8	1.07	-2.5	-0.7

3 结论与讨论

桑枝重组方材经过 120#~400# 的砂纸砂光处理后,2 种清底漆涂饰后漆膜附着力均在 2 级以

上,漆膜附着力等级值随着表面粗糙度值的减小而先提高后降低。这与陈秀兰^[16]等得出的木家具基材表面粗糙度对底漆涂饰后漆膜附着力的影响结论一致。说明方材表面粗糙度过大或过小都会对漆膜

附着力造成影响。由于漆膜附着力的大小主要取决于涂层与基材表面间的机械和理化结合力^[10],木材在砂光过程中,不同砂纸粒度会在木材表面形成不同程度的沟槽,导致涂饰后涂层与基材表面结合形成的胶钉结构稳定性不同。表面粗糙度值较大,使基材表面形成的沟槽较大,涂层不能在试件表面形成良好的润湿性,造成附着力下降,反之,粗糙度过小的试件表面与涂层的接触面积减少,导致界面吸引力降低,形成的胶钉稳定性降低,从而造成了附着力也降低^[11,15]。因此,获得适宜的表面粗糙度有利于漆膜附着力的提高。

桑枝重组方材经过硝基清底漆和聚酯清底漆涂饰后,明度 L^* 均随涂饰遍数的增加而降低,红绿轴色品指数 a^* 和黄蓝轴色品指数 b^* 整体表现为增加趋势,且第1次涂饰后变化最显著,总体色差 ΔE^* 在后2次涂饰后急剧降低。明度下降的原因主要是随着涂饰次数的增加,漆膜厚度和表面平整度随之增加,被涂饰基材表面光线漫反射程度降低,从而导致明度下降^[7]。从色度学角度比较2种涂饰处理前后参数变化,经聚酯清底漆涂饰后桑枝重组方材表面明度差和色差均大于硝基清底漆涂饰,因此可以说明在保持桑枝重组方材天然材色方面,硝基清底漆涂饰效果略优于聚酯清底漆涂饰。

桑枝重组方材经2种清底漆涂饰后光泽度均得到明显的提高,且平行纹理光泽度(GZL)>垂直纹理光泽度(GZT),聚酯清底漆涂饰后的光泽度高于硝基清底漆涂饰;经2种清底漆涂饰3遍后,桑枝重组方材原有平行于纤维束和垂直于纤维束方向的光泽度差异几乎消失,这与刘一星^[7]等研究得出的透明涂饰与几种木材表面光泽度各向异性关系结论一致。通常木材顺纹方向光泽度大于垂直纹理方向光泽度是由于木材组织构造上的各向异性导致^[18],而桑枝重组方材中的原料桑枝结构和组成成分与木材相似^[19],因此,随着涂饰次数增加,漆膜厚度增加,桑枝重组方材2个方向的光泽度各向异性减弱。从提高和保持桑枝重组方材涂饰表面应有的光泽度角度出发,选择适宜的底漆涂饰次数非常重要。

参考文献:

- [1] 陈佳佳,廖森泰,刘吉平.桑枝的综合利用及发展趋势[J].广东蚕业,2010,44(3):45-49.
- [2] 虞崇江,陈枝,蒋玉莲,等.浅谈利用桑枝为原料生产桑枝纤维板[J].广西蚕业,2009,46(3):67-70.
- [3] 沈蔚,梁贵秋.我国桑树资源综合利用研究进展[J].广西蚕业,2011,48(1):19-24.
- [4] 董桂清.桑枝的综合效益分析[J].广西农学报,2013,28(6):66-67.
- [5] 宋孝周,雷亚芳,傅峰.棉秆重组方材制备工艺与试验[J].农业机械学报,2013,44(5):164-168.
- [6] 卢琼,谢欢颜,李宁.透明涂饰处理前后对红锥材色的变化规律[J].科教导刊,2010,(33):82-83.
- [7] 刘一星,李坚,于晶,等.透明涂饰处理前后木材表面材色和光泽度的变化[J].家具,1995(3):3-6.
- [8] 梁善庆,彭立民,傅峰.五种珍贵木材涂饰色度学变化及性能评价[J].木材加工机械,2014(3):16-21.
LIANG S Q, PENG L M, FU F. Painting chromaticity change and property assessment for five precious woods[J]. Wood Processing Machinery, 2014(3): 16-21. (in Chinese)
- [9] 刘一星,于海鹏.透明涂饰对木材纹理等视觉特征的影响分析[J].林业科学,2006,42(12):90-94.
LIU Y X, YU H P. Effect of clear lacquer on textural vision of wood surface[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2006, 42(12): 90-94. (in Chinese)
- [10] 王平,严冬.漆膜附着力的检测及其影响因素[J].上海涂料,2000(1):9-11.
- [11] 王娜,张亚池,张雪竹.砂光质量对改性速生杨木透明涂饰性能的影响[J].家具,2013,34(3):35-39.
- [12] 于海鹏,刘一星,罗光华.聚氨酯漆透明涂饰木材的视觉物理量变化规律[J].建筑材料学报,2007,10(4):463-468.
YU H P, LIU Y X, LUO G H. Changing rules of visual physical parameters of wood coated by clear polyurethane lacquer [J]. Journal of Building Materials, 2007, 10(4): 463-468. (in Chinese)
- [13] 侯新毅,姜笑梅,殷亚方.从色度学参数研究3种桉树木材的透明涂饰性能[J].林业科学,2006,42(8):57-62.
HOU X Y, JIANG X M, YIN Y F. Study on clear painting properties for three *eucalyptus* plantation woods from the chromatic parameters[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2006, 42(8): 57-62. (in Chinese)
- [14] RICHTER K, FEIST W C, KNAEBE M T. The effect of surface roughness on the performance of finishes. I: Roughness characterization and stain performance [J]. Forest Products Journal, 1995, 45(7/8): 91-97.
- [15] 胡吉萍,林金国,林玉明,等.表面粗糙度对光皮桦涂饰性能的影响[J].西北林学院学报,2014,29(2):213-216.
HU J P, LIN J G, LIN Y M, et al. Effects of different surface roughness on painting properties of *betula luminifera* wood [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2014, 9(2): 213-216. (in Chinese)
- [16] 陈秀兰,申利明,黄河良,等.木家具基材表面粗糙度对水性封闭底漆涂膜附着力的影响[J].家具,2006(3):45-47.
- [17] 陆全济,雷亚芳,张保健,等.软木地板生产工艺研究[J].西北林学院学报,2011,26(6):145-148.
- [18] LU Q J, LEI Y F, ZHANG B J, et al. Research on processing technique of cork floor [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26(6): 145-148. (in Chinese)
- [19] 李坚,刘一星,段新芳,等.木材涂饰与视觉物理量[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1998:110-111.
- [20] 吴养育,孔宝青,魏丽芬.桑枝制浆造纸工艺研究[J].西北轻工业学院学报,1999,17(2):82-85.
WU Y Y, KONG B Q, WEI L F. A study on the technology of pulping and papermaking of mulberry stalk[J]. Journal of Northwest Institute of Light Industry, 1999, 17(2): 82-85. (in Chinese)