

# 杨树、柳杉木材滚压法压缩变形特性分析

刘君良

(中国林业科学研究院木材工业研究所 北京, 100091)

**摘要:** 探讨了滚压法压缩人工林杨树(*P. Xeuramericana* Guinier Cl. 'San Martino')、日本柳杉 (*Cryptomeria Japonica* D.Don) 木材的压缩特性, 并且分析了压缩变形特点利用 Scion Image 图象分析系统。对木材的含水率、试件的厚度、压缩率、进料速度, 破坏形式等各因子进行讨论, 为人工林杨树、柳杉木材的高效利用提供理论基础。

**关键词:** 滚压法 压缩特性 压缩变形 木材

## Analysis the characteristics of compression deformation of Poplars and Sugi by roll-press

Liu Junliang

Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

**Abstract:** Determining the compression behavior of plantation Poplars(Chinese) and Sugi(Japanese) by a roll-press, and analysis the characteristics of compression deformation with the image analyze system of Scion Image. Discussion the relationship among the thickness, fracture, compression ratio, feed speed, moisture content and so on. These would provide good theory of fundamentals and processes for the efficient utilization of plantation wood.

**Key words:** roll-press, compression behavior, compression deformation, wood

近年来, 随着木材工业的发展和木材软化新技术的出现, 开发木材加工和木材综合利用新技术的研究在国际上发展迅速<sup>[1]</sup>。尤其是人工林软质木材的表面密实化加工显得更加突出<sup>[2]</sup>, 压缩整形木, 压缩木, 木材横纹压缩大变形的固定等研究课题被广泛研究并取得一定进展<sup>[3-9]</sup>。我国学者也相继提出了对杨木、柳杉等材质软、密度低、加工工艺性能差的木材进行功能性改良<sup>[10-16]</sup>。可以预测, 木材表面密实化处理技术, 将成为 21 世纪木材特种加工、木材综合利用及创生新型木材的主要技术之一。

## 1 实验材料和方法

### 1.1 实验材料

实验材料是杨树(*P. Xeuramericana* Guinier Cl. 'San Martino') 和日本柳杉 (*Cryptomeria Japonica* D.Don)。用于图象分析的实验样品的尺寸是径向×弦向×纵向为 20(R)×60(T)×200(L)。首先把样品的一个侧表面和一个端面涂上白色, 然后在这两个表面分别画上 5mm 或 2mm 的网格, 以便压缩后分析网格的变形。用于滚压法分析压缩变形的各种处理条件的木材试样列于表 1 中。杨树和日本柳杉木材样品的炉干密度分别为 392 kg/m<sup>3</sup> and 340 kg/m<sup>3</sup>, 测完炉干尺寸后的木材样品被调整到气干和水饱和状态。

Tab. 1 Materials and processing variables

Length of specimens	120 mm
Thickness of specimens	20 mm
Width of specimens	60 mm
Compression ratio and times	25%, 50%, 1 time, 2times, 3times
Diameter of roller	Φ 200 mm
Feeding speed of specimens	0.2, 1.0, 10 m / min
Moisture contents	15%, 30%, 60%

## 1.2 实验方法

为了比较木材压缩变形结果采用平压法和滚压法两种方法，压缩过程中的连续图象被获得利用分辨率为 0.4% 的数码相机，压缩前后每个网格的面积和高度被测量和被分析通过 Scion Image 图象分析系统。

用于测定不同压缩率、不同含水率、不同进料速度、不同压缩次数等的木材样品被制备。样品首先被烘干，在烘箱中用 60℃ 烘至恒重，然后样品的尺寸和重量被称量。烘干后的一部分样品抽真空在加入水达到饱和，再一次称量饱水后的木材样品的尺寸和重量。用于平压法的饱水状态样品 2 块，气干样品 2 块，没有处理的样品 2 块。用于滚压法的样品完全按照表 1 的要求加工，每个工艺过程 5 块样品。压缩之后的所有样品真空下注水 30 分钟，再一次测量尺寸和称重，然后样品在烘箱中以 40℃, 60℃ 和 80℃ 烘至恒重，再一次测量尺寸和称重。

## 2. 实验结果和讨论

### 2.1 图象获得和分析

平压法和滚压法不同压缩过程的连续图象被获得通过数码相机，具体过程如图 1 所示。

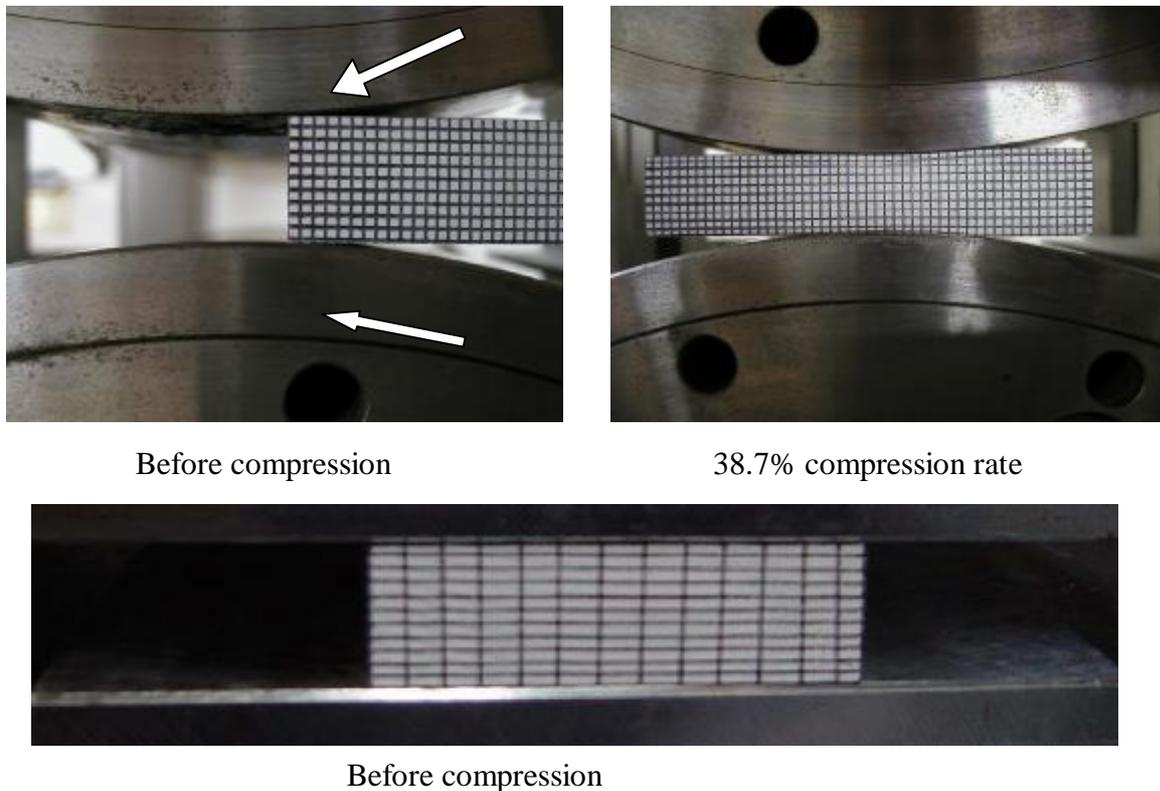


图 1. 平压法和滚压法不同压缩过程示意图

Fig.1 Pictures of compression process under platen-press and roll-press

根据不同的研究目的，我们可以得到我们想要的图象。如不同的压缩方法、不同的压缩率、不同树种、不同的处理条件（端面、侧面）等等。图象得到后利用 Scion Image 图象分析系统对图象进行分析，得到压缩变形的量化指标。

为了说明 Scion Image 图象分析系统在木材压缩过程中的具体应用,我们选择两种典型的杨树和日本柳杉木材样品,不同压缩率的杨树和日本柳杉木材样品的端面图象表明在图 2 中。

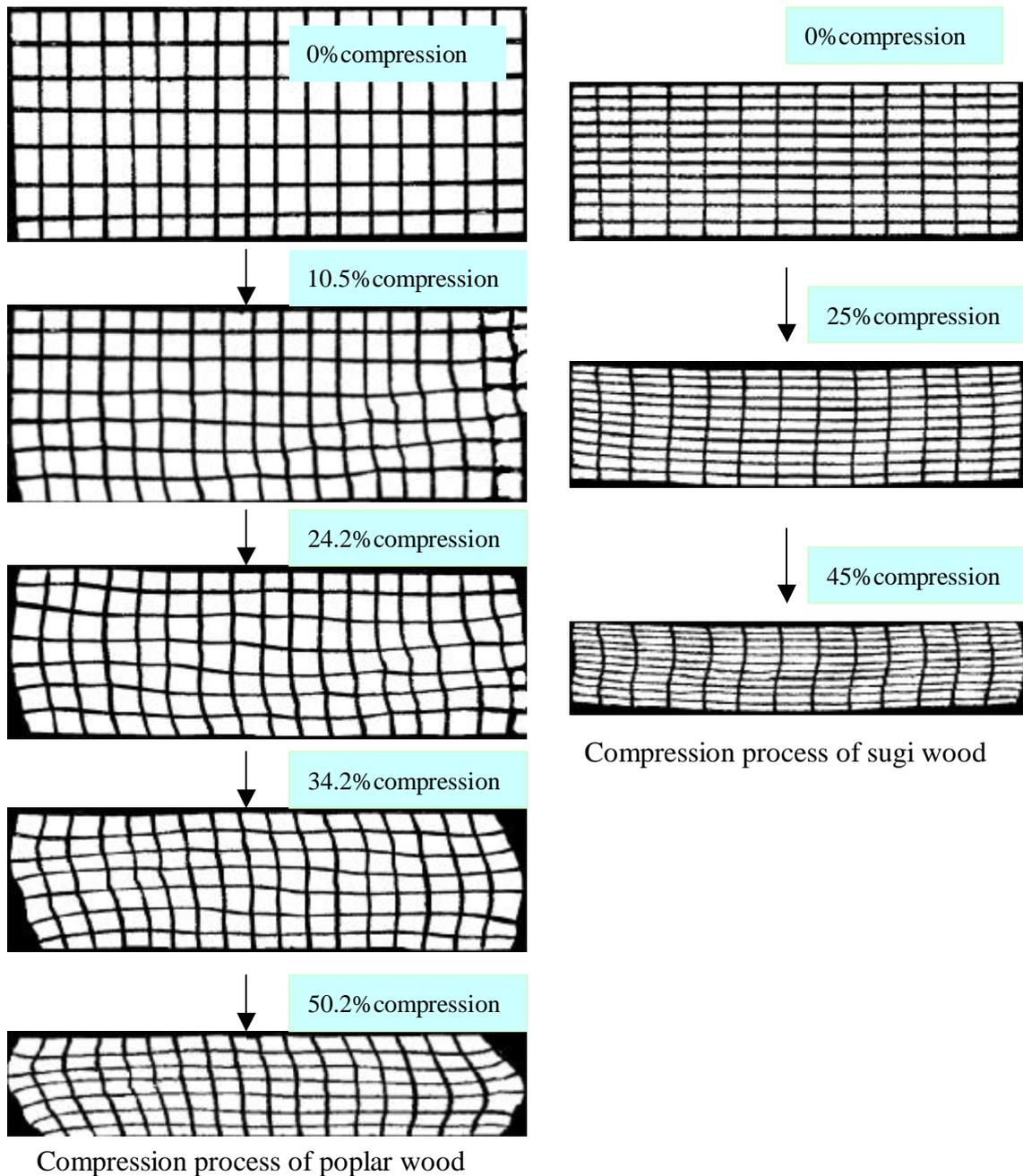


图 2 不同压缩率杨树和日本柳杉木材样品的端面连续图象

Fig.2 The continuous images of different compression process of wood section of poplar and sugi

根据得到的图象,利用 Scion Image 图象分析系统,分析了木材压缩变形趋势,把图象信息转化成数字信息,实现了从定性分析到定量分析。为了节省篇幅,选择杨树木材两种典型的压缩过程,一个是压缩率为 0% 的图象,另一个是压缩率为 50.2% 的图象进行分析,其结果表明在图 3 和表 2-1,表 2-2。

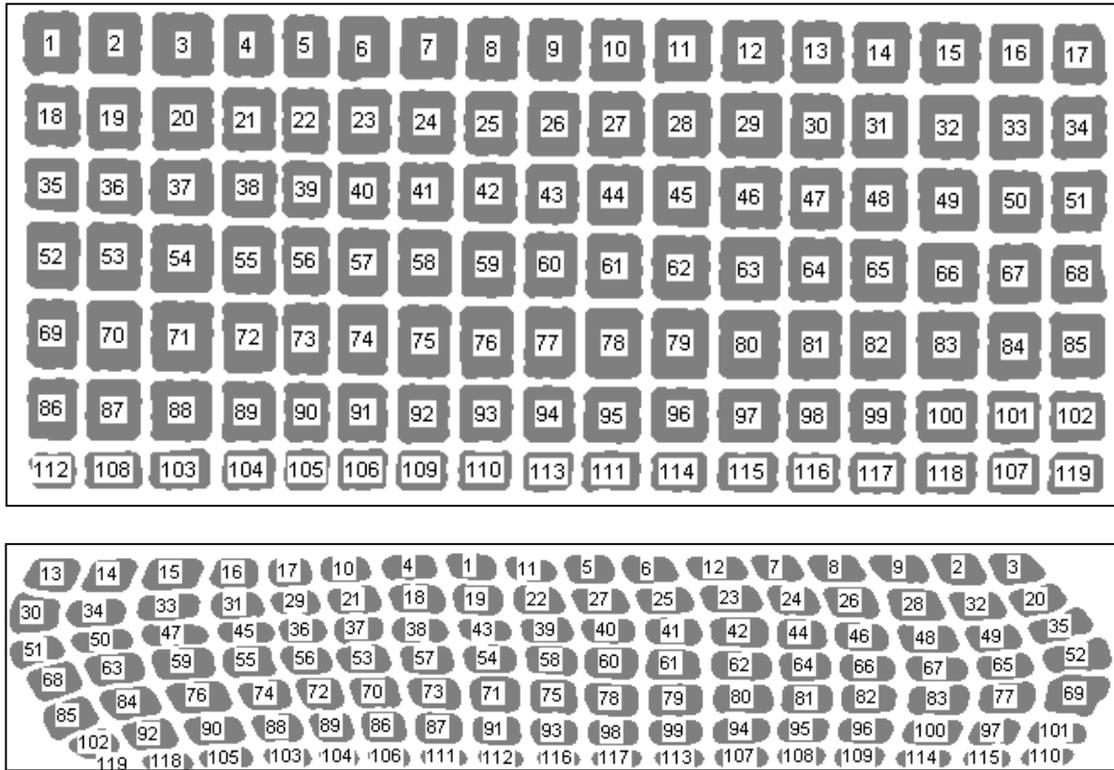


图3 杨树木材图象分析质点

Fig.3 The images of analysis particals of poplar wood

Tab. 2-1 the area in correspondence with the image of analysis particals of 0% compression rate, the number is from 1to 119. (mm<sup>2</sup>)

1-17	6.49	6.22	7.3	5.91	5.43	6.07	6.62	6.18	6.27	6.37	6.73	7.25	6.11	6.62	6.9	6.1	5.87
18-34	6.3	6.33	7.34	6.37	5.79	6.55	6.74	6.35	6.46	6.98	7.14	7.68	6.59	6.85	7.28	6.52	6.42
35-51	5.34	5.7	6.68	5.83	5.09	5.58	6.08	6.02	5.96	6.42	6.65	7.18	6.22	6.8	7.2	6.35	6.23
52-68	6.72	7.17	8.14	6.9	6.04	6.49	6.9	6.67	6.45	6.87	7.1	7.4	6.49	6.7	6.97	6.03	5.78
69-85	6.64	7.3	8.27	7.14	6.27	6.71	7.21	7.28	6.89	7.56	7.73	7.96	7.02	7.3	7.87	6.84	6.72
86-102	5.71	6.37	6.98	6.01	5.02	5.49	5.68	5.63	5.41	6.01	5.92	6.24	5.41	5.68	6.09	5.13	5.2
103---	4.42	3.91	3.35	3.76	4.2	3.92	3.81	3.89	4.22	2.97	3.63	4.1	4.45	3.85	4.25	4.65	4.16

Tab.2-2, The area in correspondence with the image of analysis particals of 50.2%compression rate, the number is from 1to 119. (mm<sup>2</sup>)

1-17	3.14	3.68	3.68	3.31	3.18	3.04	3.76	3.46	3.58	3.55	3.5	4.15	3.1	4.38	3.4	2.9	3.84
18-34	3.58	3.77	3.61	3.99	3.3	3.43	3.46	3.72	3.84	3.52	4.17	2.81	3.63	4.89	3.23	3.99	3.78
35-51	3.97	3.32	2.75	3.23	3.07	3.37	4.2	3.11	3.6	3.52	2.92	3.64	3.4	3.86	3.33	3.06	3.42
52-68	4.58	3.64	3.65	3.77	3.32	3.58	4.85	3.45	4.04	4.14	4.23	4.21	3.58	3.36	3.57	3.7	4.14
69-85	5.62	3.64	3.95	4.34	3.41	3.81	4.07	4.58	4.14	4.3	4.28	4.36	3.74	3.94	4.39	4.19	4.42
86-102	3.34	3.54	2.92	3.3	3.96	3.41	3.16	2.94	3.62	3.44	3.28	3.26	3.57	3.12	3.12	3.24	2.98
103---	2.32	1.95	2.06	2.25	2.59	2.46	2.3	2.25	2.07	2.07	2.13	2.03	2.11	2.42	1.85	2.13	1.49

从图 3 和表 2-1, 表 2-2 中, 能够清楚看到测量质点的压缩变形情况。通过 Scion Image 图象分析系统, 计算每个质点压缩前后量化指标和具体数字。例如, 当压缩率为 0%, 我们选择一系列图象见图 3, 其编号为 8, 25, 42, 59, 76, 93, 110, 面积分别为 6.18, 6.35, 6.02, 6.67, 7.28, 5.63, 3.89 mm<sup>2</sup>; 当压缩率为 50.2%时, 同样这一列质点只是编号不同(计算机软件自动生成的编号)见图 3, 其编号分别为 1, 19, 43, 54, 71, 91, 112, 面积分别为 3.14, 3.77, 3.60, 3.65, 3.95, 3.41, 2.07 mm<sup>2</sup>。通过计算得出压缩后的质点面积同压缩率相一致。

### 2.2 压缩变形恢复率分析

利用滚压法研究杨树木材在不同处理条件下压缩变形恢复率, 该研究结果同平压法进行比较。研究表明, 任何处理条件下压缩变形恢复率均在 90%以上, 详细结果表明在图 4 中。滚压法压缩木材时在木材表面和端面有开裂缺陷产生。实验观察发现, 干木材比湿木材容易产生开裂, 压滚的直径小比压滚直径大容易产生开裂。

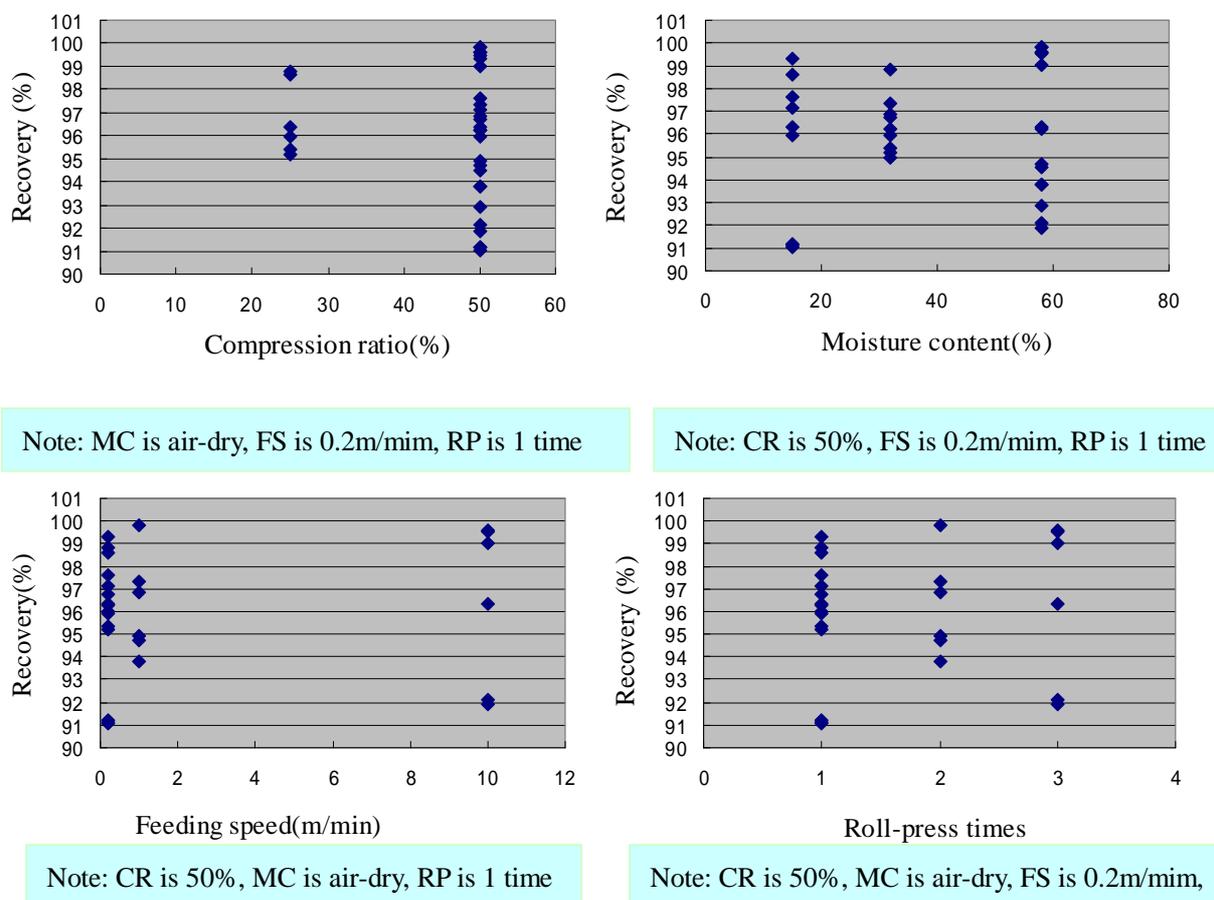


图 4 压缩变形恢复率和各种处理条件相互之间的关系

Fi.4 The relationship among recovery set and various treatment condition

### 3. 结论

利用 Scion Image 图象分析系统, 能够从定性到定量地分析木材压缩变形, 并且实现压缩指标量化。

滚压法是一种好的压缩处理方法对于木材功能性改良，对于生材处理效果更好。当湿木材通过压滚间隙时，木材逐渐被压缩，自由水被逐渐挤出，在通过压滚间隙后，木材细胞将发生回弹，形成负压，使得自由水容易被其它液体替换，如酚醛树脂、三聚氰胺树脂以及其它药液。

### 参考文献

1. 李坚.木材的软化和弯曲技术.北京木材工业, 1984.14 (2): 23—27
2. 井上雅文, 则元京.软质针叶树材的表面层压密化处理(第I报). 木材学会志(日), 1990. 36(11): 969-975
3. 伊藤洋一. 木材的压缩(1).木材工业(日), 1995.NO.1 18-20
4. 欧阳明八. 木材的压缩.北京木材工业, 1984.14 (3): 13-21
5. 井上雅文, 则元京. 软质针叶树材表面层压密化处理(第II、III报). 木材学会志(日), 1991.37 (3): 227-241
6. Wahyu Dwianto, Todhiromorooka and Misatonorimoto. A measuring of viscoelastic properties of wood under high-temperature and high-pressure steam conditions. Mokuzai gakkaiishi, 1998.44(2): 77-81
7. 宇高英二, 古野毅. 日本柳杉木材的热压缩处理.木材学会志(日), 1998.44 (3): 218-222
8. 宇高英二, 古野毅, 井上雅文. 密闭加热处理压缩变形的恢复与水分的关系.木材学会志(日), 2000.46(2): 144-148
9. 井上雅文, 见玉顺一, 山本康二. 高频加热处理压缩木材的尺寸稳定性.木材学会志(日), 1998. 44 (6): 410-416
10. 余权英, 潭向华.木材氰乙基化改性研究.林产化学与工业, 1995.31 (1): 56-59
11. 尤纪雪, 金重为, 张雪元.马尾松酚醛树脂改性研究.南京林业大学学报, 1988. NO.2.60-64
12. 方桂珍, 李 坚, 刘一星.三聚氰胺-甲醛与木材的交联作用.林业科学, 1997.33 (3): 64-68
13. 方桂珍, 刘一星.低分子量MF树脂固定杨木压缩木回弹技术的研究.木材工业, 1996.10 (4): 18-21
14. 刘君良, 刘一星.杨木、柳杉表面压密材的研究.吉林林学院学报, 1998.14 (2): 21-24
15. 刘占盛, 张勤丽, 张齐生. 压缩木制造技术. 木材工业, 2000.14 (5): 19-21
16. 刘君良, 许忠允等. 人工林软质木材表面密实化新技术. 木材工业, 2002.16 (1): 19-21