

利用傅立叶变换研究铁杉木材管胞横截面尺寸

多化琼 王喜明 范俊雄

(内蒙古农业大学材料科学与艺术设计学院)

摘要:利用傅立叶变换图像处理技术研究铁杉木材管胞尺寸,把每一个管胞都用其中心的 1 条长 9 个像素点、宽 2 个像素点的线段点图来表示,进行傅立叶变换,其能量光谱图在水平和垂直方向上的频率,除零值以外的最大值,为管胞径向、弦向直径。结果表明:该方法与光学显微镜、图像处理软件的结果基本相同,说明傅立叶变换图像处理技术适用于管胞尺寸的测定,扩大了其应用领域,也为建立木材几何参数识别的数学模型提供了理论依据。

关键词:傅立叶变换;图像处理;管胞尺寸;针叶材

中图分类号:S781.1 文献标志码:A 文章编号:1000-1522(2009)05-0108-04

DUO Hua-qiong; WANG Xi-ming; FAN Jun-xiong. **Cross section size analysis of tracheids in *Tsuga chinensis* wood with Fourier transformation.** *Journal of Beijing Forestry University* (2009) 31(5) 108-111 [Ch. 13 ref.] College of Material Science and Art Design, Inner Mongolia Agriculture University, Hohhot, 010018, P. R. China.

Fourier transformation image processing technology was applied to measure cross section size of *Tsuga chinensis* tracheids. In this method, each tracheid was mapped by the center point on the cell of transverse section with each point was extended up and down for four pixels (nine-pixel length in total) and two pixels in width, and thereafter line convoluted dot map (LCDM) was obtained. Through Fourier transformation, the frequency distribution of power spectrum patterns from both horizontal and vertical directions was obtained and the cell diameters in radius and tangential direction were known from the maximum value except 0 in the distribution. The results indicated that there was no significant difference from the optical microscope or image processing software. It shows that this method can be applied to the tracheid measurement and expand the Fourier transform application domain, and it also provides a theoretical basis for the establishment of the mathematical model to identify cell geometric parameters.

Key words Fourier transformation; image analysis; tracheid size; softwood

傅立叶变换图像处理技术从空间域转换到频域检测和图像频谱特性,具有处理速度快、构成方式清楚、滤波广度大、预测性好等优点。傅立叶变换图像处理技术被广泛地运用到图像增强、图像复原、图像压缩、图像特征提取、图像识别等许多领域。国内学者早在 20 世纪 80 年代就开始利用图像分析技术,对木材横切面显微构造特征进行提取、定量测量等方面的研究。王秀华等^[1]采用 SPSS 软件提取了 230 种木材横切面的 21 项显微构造特征参数、11 项图像纹理特征参数;任宁^[2]、潘斌^[3]、于海鹏^[4]和李桂英^[5]等都利用数字图像技术对木材细胞特征进

行了研究,其研究均在空间域进行,空间域处理具有计算繁琐、广度和构成方式模糊、计算时间长、预测性差等缺点。在国内利用傅立叶变换图像处理技术对木材细胞形态方面的研究仅限于综述性的报道^[6]。

日本学者 Diao^[7-9]利用傅立叶变换图像处理技术对日本的针叶材和阔叶材进行了研究,Yoko^[10-13]对日本的贝壳杉(*Agathis*)、柳杉(*Cryptomeria fortunei*)和木兰(*Magnolia liliflora*)树 3 种树种的细胞进行了研究^[10-13]。本文利用傅立叶变换(FFT)、能量光谱图(PSP)、角度分布图和频率分布图等对中国

收稿日期:2008-07-04

http://www.bjfujournal.cn; http://journal.bjfu.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金项目(30760192)、内蒙古科技计划项目(20080508)。

第一作者:多化琼,博士生,副教授。主要研究方向:数字图像处理技术在木材科学中的应用。电话:0471-4309211 Email:duohuaqiong@163.com

地址:010018 内蒙古呼和浩特市昭乌达路 306 号内蒙古农业大学材料科学与艺术设计学院。

责任作者:王喜明,教授,博士生导师。主要研究方向:木材科学与技术。电话:0471-4303037 Email:waximing@263.net 地址:同上。

的铁杉(*Tsuga chinensis*)横截面早材管胞尺寸进行研究,为研究木材管胞提供一种新方法,也为实现木材的数字化识别奠定基础。

1 材料与方法

1.1 木材切片

铁杉产自四川省,中国林业科学研究院自制切片,以切片中的早材为研究对象。

1.2 方法

1.2.1 切片成像

将铁杉横断面切片放在带有数码相机的光学显微镜(OLYMPUS, Micropublisher³.3RTV)上观察、拍照,放大倍数为10倍,拍照时要将木射线的方向和显示屏上的 x 轴方向垂直,数字照片的尺寸为 $1\ 024\ \text{pixel} \times 1\ 024\ \text{pixel}$,1个像素对应的尺寸为 $1.93\ \mu\text{m}$,表示为 $R_p = 1.92\ \mu\text{m}/\text{pixel}$,被观测的切片实际面积为 $2.013\ \text{mm}^2$ 。

1.2.2 图像处理

1)用photoshop 6.0中的阈值滤波器将薄壁细胞、木射线细胞滤掉,只剩下木材管胞,再将彩色照片转换成二值图像;把细胞腔的边缘提取出来,得到网图(NM)。

2)把网图进行傅立叶变换,得到网图的能量光谱图(NM-PSP)。

3)把网图中的每一个管胞,都用其中心的1个像素点表示,得到点图(DM),作点图的角度分布图。

4)把点图中的每一个像素点的上下分别再加4个像素点,即垂直方向变为9个像素点,在水平方向上由1个像素点变为2个像素点,得到线段点图(LCDM)。

5)把线段点图进行傅立叶变换,得到其能量光谱图(LCDM-PSP)。

6)做线段点图的能量光谱图,其角度在 $[-5^\circ, 4^\circ]$ 之间的频率分布函数图。

7)做线段点图的能量光谱图,其角度在 $[85^\circ, 94^\circ]$ 之间的频率分布函数图。

2 结果与分析

管胞图像进行傅立叶变换得到的能量光谱图,其频率大小及方向都带有管胞特征信息。

图1为针叶材铁杉的横截面早材管胞数字图像。图2是从图1中把管胞腔的外壁边缘,即细胞壁的内壁边缘提取出来的网图。

2.1 能量光谱图的方向分析

图3是将图2进行傅立叶变换得到的能量光谱图。在图3中可以看到从中心向外扩散的4条条

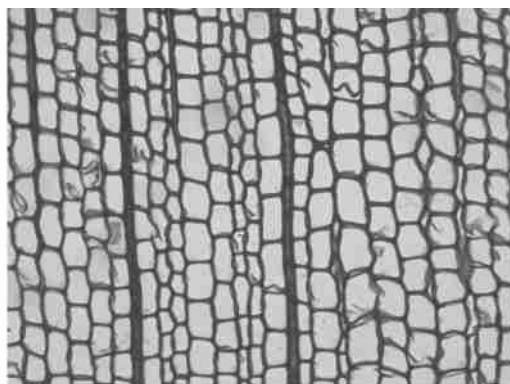


图1 原图

FIGURE 1 Original image

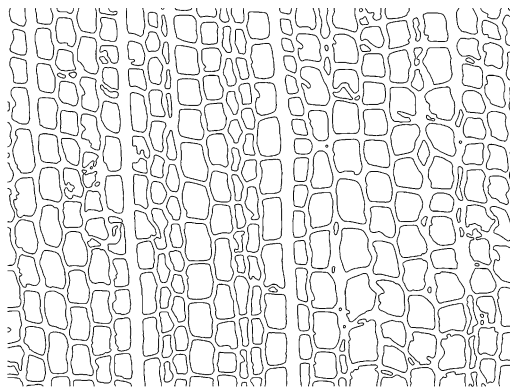


图2 网图

FIGURE 2 Net image (NM)

纹,有2条条纹在水平方向上,另2条条纹在垂直方向上,水平条纹和垂直条纹也就是弦向条纹及径向条纹。图3中的弦向条纹来源于图2中的径向点的规律性,而径向条纹则与弦向点的规律性有关,所以网图2中的点,大多数为径向点和弦向点。

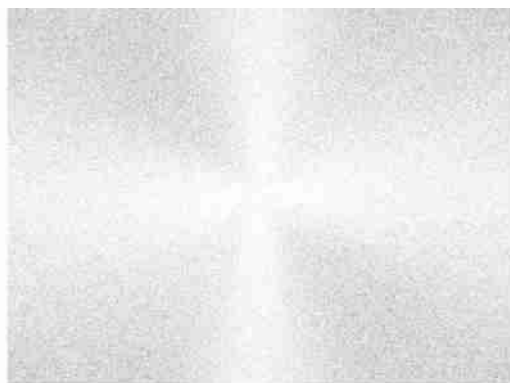


图3 网图的能量光谱图

FIGURE 3 Power spectrum pattern of NM

2.2 角度分布图的方向性分析

将图2中的每个管胞都用其中心的1个像素点来表示,得到点图,将其傅立叶变换后得到角度分布图(图4)。从图4中可知:在 0° 、 90° 和 180° 有峰值, 0° 与 180° 都在水平方向(弦向)上,水平方向和垂直方向(径向)出现的频率最高,说明点图中大多数点

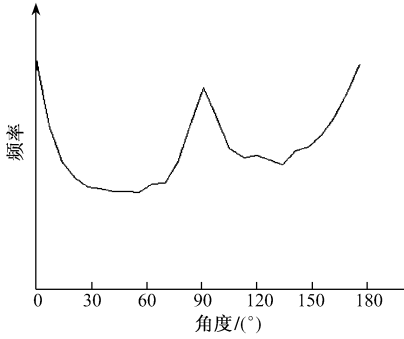


图4 点图的角度分布图

FIGURE 4 Angular distribution of dot map

的方向是在水平和垂直方向上,也就是大多数为径向点和弦向点。

2.3 线段点图及其能量光谱图的方向性分析

图5为把点图中的每个像素点在垂直方向上变成9个像素点、水平方向上变为2个像素点的线段点图,也就是每个管胞都用长9个像素点、宽2个像素点的线段来表示。因图像比较大,看得不很清楚,所以图5是从原始图中的左上角截取的一部分。图6为图5的能量光谱图,因图5中长比宽的像素点多,呈径向方向(即垂直方向),所以图6只有弦向条

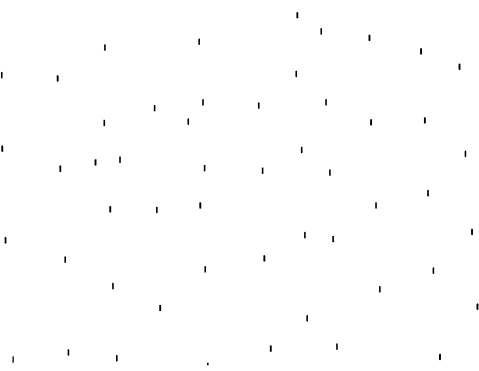


图5 线段点图

FIGURE 5 Line convoluted dot map

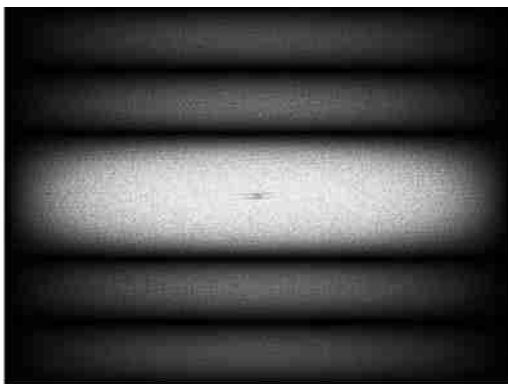


图6 线段点图的能量光谱图

FIGURE 6 Power spectrum pattern of LCDM

纹,即水平方向的条纹。

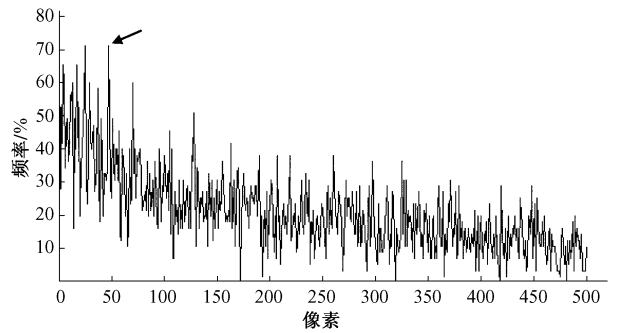
2.4 用频率分布函数计算管胞尺寸

能量光谱图的频率分布函数可以有效地测量管胞尺寸,分别做0°和90°的频率分布函数图得图7。为了准确,把角度0°稍稍扩大到[-5°,4°]之间,把角度90°稍稍扩大到[85°,94°]之间。在图7a中,除零值附近的第一个峰值之外,其峰值为46像素(箭头处),对应于管胞径向直径;在图7b中,除零值附近的第一个峰值之外,其峰值为65像素(箭头处),对应于管胞弦向直径^[12]。

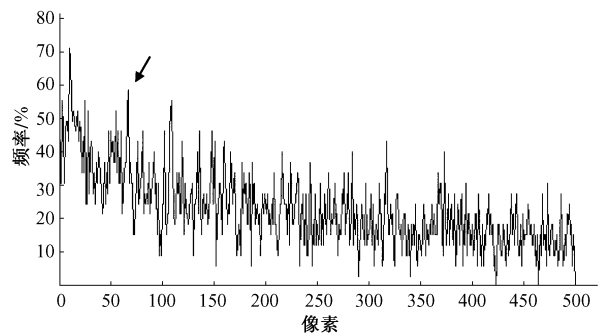
最大像素值(k)与实际尺寸(T)之间的关系为:
 $T=1\ 024/k \times R_D$,所以

径向直径=1 024/46×1.92=42(μm)

弦向直径=1 024/65×1.92=30(μm)



a 角度在[-5°,4°]之间



b 角度在[85°,94°]之间

图7 线段点图的频率分布函数图

FIGURE 7 Frequency distribution function of LCDM

2.5 几种方法的比较

表1列出了傅立叶变换图像处理技术、光学显微镜下的测微尺和香港自然基因生命科学有限公司的VideoTesT-Structure 5.0图像处理软件测量针叶材铁杉横截面早材管胞尺寸的结果,可见三者测得的径向直径、弦向直径基本相同。

表1 管胞径向和弦向直径测量结果的比较 μm

TABLE 1 Comparison of testing results between radial and tangential interval

	径向直径	弦向直径
傅立叶变换	42	30
光学显微镜测微尺	43.53	29.83
VideoTest-Structure 5.0	44.00	31.00

3 结 论

木材管胞参数的提取对木材的识别和材性的研究都有很大的作用, 利用傅立叶变换图像处理技术可以测量针叶材铁杉横截面早材管胞的尺寸。本文将傅立叶变换图像处理技术与光学显微镜、图像处理软件的结果进行了比较, 发现它们基本相同, 说明该方法适用于针叶材铁杉横截面早材管胞尺寸的测定, 也为建立木材几何参数识别的数学模型提供了理论依据。

参 考 文 献

- [1] 王秀华, 刘镇波, 刘一星. 木材横切面显微图像特征参数的主成分分析[J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(5): 30-37.
- [2] 任宁, 于海鹏, 刘一星. 应用数字图像处理技术测量木材显微构造特征参数[C]//中国林学会木材科学分会. 中国林学会木材科学分会第十次学术研讨会论文集. 北京: [出版者不详], 2005: 576-581.
- [3] 潘斌, 程放, 李小群. 数字化木材显微图像分析仪的开发与应用[J]. 木材工业, 2005, 19(6): 12-14.
- [4] 于海鹏, 刘一星, 刘镇波. 图像图形学在木材纹理特征检测中的应用[C]//中国图像图形学学会. 第十二届全国图像图形学学术会论文集. 北京: [出版者不详], 2005: 722-727.
- [5] 李桂英, 刁宏志. 计算机在木材细胞数字化理论中的应用[J]. 林业机械与木工设备, 2005, 33(1): 22-24.
- [6] 王金满, 曲艳杰, 李坚. 傅立叶变换图像处理技术在木材解剖特征研究上的应用[J]. 四川农业大学学报, 1998, 16(1): 176-180.
- [7] DIAO X M, FURUNO T, UEHARA T. Quantitative morphological evaluation of cross-sectional vessel shapes in hardwoods using image processing[J]. *Journal of the Japan Wood Research Society*, 1997, 43(9): 609-716.
- [8] DIAO X M, FURUNO T, UEHARA T. Analysis of cell arrangements in softwood using two-dimensional fast Fourier transform [J]. *Mokuzai Gakkaishi*, 1996, 42(7): 634-641.
- [9] DIAO X M, FURUNO T, UEHARA T. Analysis of vessel arrangements in hardwood using two-dimensional fast Fourier transform[J]. *Mokuzai Gakkaishi*, 1997, 43(8): 623-633.
- [10] YOKO M. *Transverse shape analysis of softwood tracheids by the quantitative Fourier transform image analysis* [D]. Tottori, Japan: Tottori University, 2006.
- [11] YOKO M, MINORU F. Transverse shape analysis of xylem ground tissues by Fourier transform image analysis II: Cell wall direction and reconstruction of cell shapes [J]. *Journal of Wood Science*, 2005, 51(3): 209-217.
- [12] YOKO M, YOJI I, MINORU F. Transverse shape analysis of xylem ground tissues by Fourier transform image analysis I: Trial for statistical expression of cell arrangements with fluctuation [J]. *Journal of Wood Science*, 2005, 51(3): 201-208.
- [13] YOKO M, MINORU F. Transverse shape analysis of xylem ground tissues by the Fourier transform image analysis III: Shape reconstruction of earlywood tracheids in 22 species and some parameters for normalizing cell shapes [J]. *Journal of the Japan Wood Research Society*, 2005, 51(4): 218-226.

(责任编辑 李文军)