

# 红木的近红外光谱分析

杨 忠, 江泽慧, 吕 斌

中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091

**摘 要** 红木珍贵、种类多, 大多数人对红木种类及真伪难以或无法鉴别。利用近红外光谱技术对国家标准中八类红木的近红外光谱进行分析, 研究表明: (1) 近红外光谱与红木色度学参数( $L^*$ ,  $a^*$  和  $b^*$ ) 之间存在非常高的相关性, 预测值与实测红木  $L^*$ ,  $a^*$  和  $b^*$  值的相关性分别达到 0.988, 0.991 和 0.993; (2) 利用化学计量学中的主成分分析(PCA)方法可以将八类红木清楚地地区分成八个相应的类别, 利用三个主成份信息绘制的三维 PCA 得分图比二维图更能直观地展现八类红木的区别。研究结果说明应用近红外光谱技术识别红木类别具有可行性, 这为开发红木的鉴定或识别提供新的方法和研究思路。

**关键词** 红木; 近红外光谱; 主成分分析

**中图分类号:** O657.3; S781 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2012)09-2405-04

## 引 言

红木从古至今都被人们视为珍贵木材, 随着社会经济的快速发展和人类生活质量的不断提高, 红木家具和红木装饰品不仅成为豪华陈设, 也已成为百姓家居使用、收藏和投资的精品。国家标准 GB/T 18107—2000《红木》<sup>[1]</sup>中, 将红木分成紫檀木、花梨木、香枝木、黑酸枝木、红酸枝木、乌木、条纹乌木和鸡翅木八大类, 共 33 个树种。由于可称之为红木的木材种类比较多, 大多数人对红木种类及真伪难以鉴别, 因不明真伪而给生产者和消费者带来的经济损失少则几万元至上百万元, 多的可达上千万元, 因此红木的鉴定或识别显得尤为重要。

目前, 识别红木的传统方法主要是依靠经验和标准的木材切片显微鉴定等方法, 这些方法需要具有丰富经验或专业技能的人员, 并进行大量的分析工作。然而, 面对广阔且快速发展的红木市场, 上述鉴定方法很难满足市场的需要。因此, 开发一种科学、快速、准确地识别红木的方法将会为红木市场提供服务。近红外光谱(near infrared spectroscopy, NIR)技术是一项新的无损检测技术, 近几年在木材化学组成<sup>[2]</sup>、密度<sup>[3, 4]</sup>、强度<sup>[5, 6]</sup>、微纤丝角<sup>[7, 8]</sup>预测、腐朽判别及木材识别<sup>[9-11]</sup>等许多方面得到了广泛的应用研究, 但在红木种类识别与真假红木判别等方面的研究尚未开展。基于近红外光谱具有大量丰富的木材结构与组成信息的优势, 本研究

对红木的近红外光谱进行分析, 为进一步利用近红外光谱技术识别红木的研究奠定基础。

## 1 实验部分

### 1.1 材料

《红木》国家标准中的八类红木标准样本由中国林业科学研究院木材工业研究所提供。八类红木均有各自独特的木材表面颜色、密度和抽提物等特征。紫檀木类心材深紫或黑紫; 花梨木类心材为红褐、浅红褐至紫红褐色; 香枝木类心材红褐或深红色, 常带黑色条纹; 黑酸枝木类心材栗褐色, 常带黑色条纹; 红酸枝木类心材为红褐或紫红褐色; 乌木类心材全部乌黑色; 条纹乌木类散孔材黑色或栗褐色, 间有浅色条纹; 鸡翅木类心材黑褐或栗褐色, 在弦切面上呈鸡翅状花纹。

### 1.2 仪器设备与信息采集

近红外光谱仪: 美国 ASD 公司(分析光谱设备公司)生产的 Lab Spec<sup>®</sup>近红外光谱仪。光谱仪的波长范围在 350~2 500 nm, 采用自带光源的两分叉光纤探头采集试样表面的近红外光谱, 光纤探头在试样表面的垂直上方。光谱的空白校准采用商用聚四氟乙烯制成的白色材料, 每个样品扫描 10 次全光谱后平均为一条光谱。首先在八类红木样本表面分别采集 10 条光谱, 共采集 80 条光谱用于红木的近红外光谱分析。

收稿日期: 2011-11-24, 修订日期: 2012-02-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(30800889), 国家人力资源和社会保障部 2011 年度留学回国人员科技择优资助优秀项目和国家“948”项目(2003-4-27)资助

作者简介: 杨 忠, 1976 年生, 中国林业科学研究院木材工业研究所副研究员 e-mail: zyang@caf.ac.cn

测色计：采用日本 MINOLTA CR-300 测色计测定红木样本表面的色度学参数，记录色度学参数  $L^*$ 、 $a^*$  和  $b^*$  值， $L^*$  表示明度， $a^*$  表示红绿轴色品指数， $b^*$  表示黄蓝轴色品指数。

### 1.3 数据处理与分析

近红外光谱谱带宽、重叠严重，采用光谱的特征吸收峰和谱图对照等常用分析方法来分析光谱较困难，需结合化学计量学方法对近红外光谱数据进行处理，以解决光谱重叠、滤除噪音及干扰信息<sup>[12]</sup>。化学计量学方法中的主成分分析 (principal component analysis, PCA) 是将多维具有相关性的数据压缩为少数几个相互独立数据的一种统计方法，可以简化数据，并揭示变量间的关系。

## 2 结果与讨论

### 2.1 红木的近红外光谱分析

表面颜色不仅是红木表面视觉物理量的重要特征，而且也是用以鉴定和识别红木的关键要素之一。红木颜色大多为深色，红木的丰富颜色特征在近红外光谱中也可以得到体现，图 1 是八类红木样本的近红外光谱图，图中光谱编号 ZT, HL, HI, HO, WM, TW, JC 和 XZ 分别代表了国家标准 GB/T 18107—2000《红木》中典型的紫檀木、花梨木、香枝木、黑酸枝木、红酸枝木、乌木、条纹乌木和鸡翅木八类红木的近红外光谱图。从图 1 可看出，在近红外短波区域 (780~1 100 nm) 的光谱信息区别较大，这主要由不同类型红木的颜色差异所引起；在 1 000~2 500 nm 区域的近红外光谱信息也比较丰富，这与红木特有的木材组织构造和所富含的独特化学成份有关。

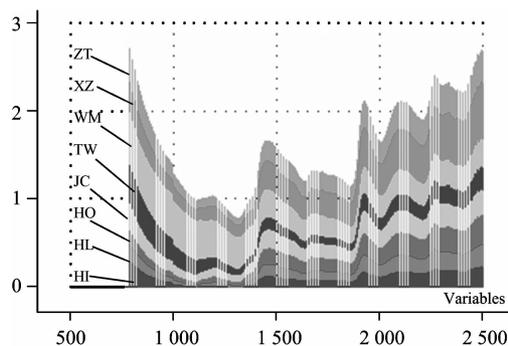


Fig. 1 Near infrared spectroscopy of rosewood

图 2 是红木表面色度学参数  $L^*$  值与近红外光谱的相关性分析结果，从图 2 可以看出近红外光谱与红木颜色密切相关，近红外预测值  $L^*$  与实测值  $L^*$  的相关系数达到 0.988。在颜色空间中， $L^*$  表示明度，完全白的物体视为 100，完全黑的物体视为 0， $a^*$  为红绿轴色品指数，正值越大表示颜色越偏向红色，负值越大表示颜色越偏向绿色； $b^*$  为黄蓝轴色品指数，正值越大表示颜色越偏向黄色，负值越大表示颜色越偏向蓝色。表 1 是八类红木的色度学参数  $L^*$ 、 $a^*$  和  $b^*$  值与近红外光谱的相关性分析结果，说明近红外光谱信息完全可以体现红木的颜色特征。

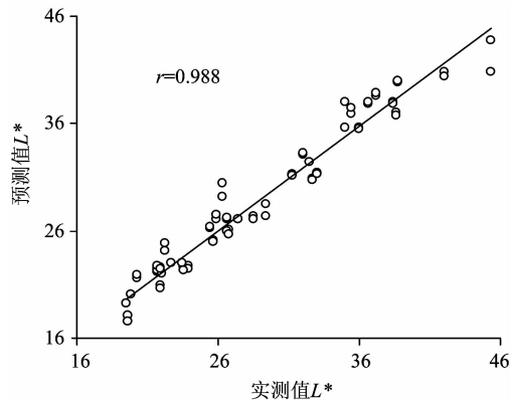


Fig. 2 Correlation between NIR and  $L^*$  of rosewood

由于红木样品非常珍贵和稀少，取得的样品尺寸小且形状不规则，因此，本研究没能对红木的化学成份和密度等理化指标进行实际测定。但是，从前期的研究和大量的文献报道可知，近红外光谱技术可以快速准确预测木材的各种化学组成、密度、强度、解剖构造参数等重要指标<sup>[2-8]</sup>，这充分说明了近红外光谱不仅包含有木材的化学组成和组织构造等信息，而且可以与木材组成与结构之间建立密切的相关性，例如近红外光谱与木材纤维素和木质素的相关性  $r$  可达到 0.96~0.99，与密度的相关性  $r$  可达 0.95<sup>[3,4]</sup>。因此，近红外光谱与红木化学组成及结构等特征之间也会存在很高的相关性。

Table 1 Correlation between NIR and  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  of rosewood

类别		$L^*$	$a^*$	$b^*$
校正模型	$r$	0.988	0.991	0.993
	SEC	1.095	0.642	0.794
	Bias	6.676e-07	9.537e-08	3.904e-07
模型验证	$r$	0.972	0.985	0.986
	SEP	1.636	0.826	1.117
	Bias	-0.014	-0.001	-0.024

### 2.2 八类红木近红外光谱的 PCA 分析

从八类红木样本的近红外光谱图中，能观察到样本近红外光谱之间的共同趋势和差异，但是由于光谱包含的信息多，重叠严重等，单从光谱图很难找出样本间的关系。因此，对红木样本的近红外光谱进行主成分分析，降低维数、简化数据，通过少数几个主成分来表征样本近红外光谱特征。

图 3 是八类红木近红外光谱的二维 PCA 得分图，从图中可以看出八类红木被区分开来，但是 ZT (紫檀木) 和 JC (鸡翅木)、HL (花梨木) 和 HI (黑酸枝木) 样品比较靠近，为更直观分析近红外光谱对八类红木的分类效果，利用前三个主成分的数据绘制了三维的 PCA 得分图 (见图 4)，三维 PCA 图更直观地展现了八类红木的区别。通过红木近红外光谱的主成分分析，可看出近红外光谱可以用来区别八类红木，有潜力作为红木识别的一种新方法。

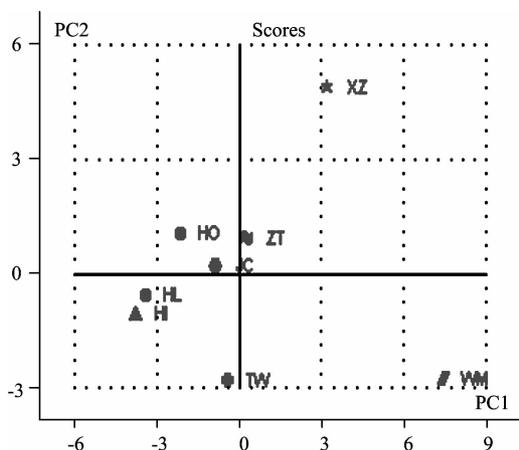


Fig. 3 Two-dimensional PCA scores of NIR of eight rosewood samples

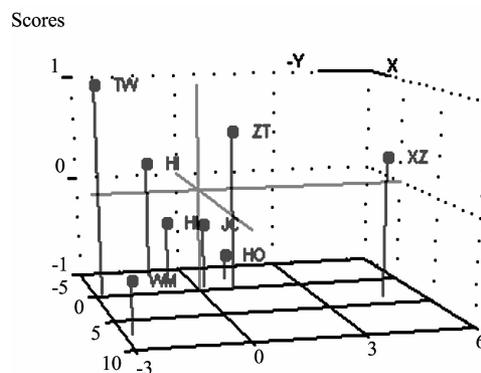


Fig. 4 Three-dimensional PCA scores of NIR of eight rosewood samples

### 3 结论

红木珍贵、种类多、大多数人对红木种类及真伪难以或无法鉴别,目前常见的鉴别方法需要依靠具有丰富经验或专业技能的人员进行大量工作才能完成。面对广阔且快速发展的红木市场,常规方法很难满足市场的需要。因此,开发一种科学、快速、准确地识别红木的方法将会为红木市场提供有效的服务。

本研究利用近红外光谱技术对国家标准中八类红木的近红外光谱进行分析,研究结果表明近红外光谱与红木色度学

参数  $L^*$ ,  $a^*$  和  $b^*$  之间存在非常高的相关性,近红外光谱模型校正值与实测红木  $L^*$ ,  $a^*$  和  $b^*$  值的相关性分别达到 0.988, 0.991 和 0.993,模型验证值与实测红木  $L^*$ ,  $a^*$  和  $b^*$  值的相关性分别达到 0.972, 0.985 和 0.986。通过化学计量学中的主成分分析结果表明,利用主成分分析(PCA)方法可以将八类红木清楚地分成八个相应的类别,利用前三个主成分的信息绘制的三维 PCA 图比二维 PCA 图更直观地展现八类红木的区别,说明应用近红外光谱技术识别红木类别具有可行性,这为国内外科技人员开发红木的鉴定或识别提供新的技术和研究思路。

**致谢:**感谢美国农业部林务局的首席科学家 Chung-Yun Hse 博士提供的研究思路和中国林业科学院木材工业研究所杨家驹先生等提供的部分红木样本。

### References

- [1] Chinese National Standard(中国国家标准). GB/T 18107—2000 Hongmu (红木), 2000.
- [2] Wright J A, Birkett M D, Gambino M J T. TAPPI Journal, 1990, 73(8): 164.
- [3] Schimleck L R, Michell A J, Raymond C A, et al. Canadian Journal of Forest Research, 1999, 29(2): 194.
- [4] Schimleck L R, Evans R. IAWA Journal, 2002, 3(3): 217.
- [5] Thumm A, Meder R. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 2001, 9(2): 117.
- [6] Kelley S S, Rials T G, Groom L R, et al. Holzforschung, 2004, 58(3): 252.
- [7] Schimleck L R, Evans R. IAWA Journal, 2002, 23(3): 225.
- [8] Evans R, Ilic J. Forest products journal, 2001, 51(3): 53.
- [9] Tsuchikawa S, Inoue K, Noma J. Journal of Wood Science, 2003, 49(1): 29.
- [10] Sandberg K, Sterley M. European Journal of Forest Research, 2009, 128(5): 475.
- [11] Cooper P A, Jeremic D, Radivojevic S, et al. Canadian Journal of Forest Research, 2011, 41(11): 2150.
- [12] Bokobza L. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 1998, 6(1): 3.

## Investigation of Near Infrared Spectroscopy of Rosewood

YANG Zhong, JIANG Ze-hui, LÜ Bin

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

**Abstract** Rosewood is a kind of precious wood which include many wood species. It's difficult to most people to identify rosewood species. Near infrared spectroscopy (NIR) of eight rosewood species was investigated in the present paper. The results

showed that (1) there was significant correlation between near infrared spectroscopy and color parameters expressed by  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values of rosewood, the correlation coefficients between NIR predicted and laboratory measured  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values were 0.988, 0.991 and 0.993, respectively; (2) The eight rosewood samples can be distinctly divided into eight categories by principal component analysis (PCA), the differences in the NIR among the eight rosewood species were more distinctly revealed by the three-dimensional PCA score plot than that of the two-dimensional. The results illustrated that it was feasible to identify rosewood species by near infrared spectroscopy coupled with chemometrics, and also provided a new method to rapidly identify or classify rosewood.

**Keywords** Rosewood; Near infrared spectroscopy (NIR); Principal component analysis (PCA)

(Received Nov. 24, 2011; accepted Feb. 17, 2012)

(上接 2398 页)

#### 重要时间

论文截稿日期: 2012 年 4 月 30 日

第二轮会议通知: 2012 年 8 月上旬 第三轮会议通知: 2012 年 9 月下旬 会议召开期: 2012 年 10 月 19—22 日

请您经常浏览我们的主页, 了解会议筹备情况和会议具体安排! 网址: <http://www.sinospectroscopy.org.cn>

#### 产品展示

会议热忱邀请国内外仪器厂商前来展示红外、近红外、拉曼、荧光光谱仪以及质谱、核磁等其他各种仪器设备。我们将在本次会议的网站和会议现场提供展出场所, 希望各厂商充分利用这次机会展示自己的最新产品。

#### 联系方式

大家若有对召开本次会议的建议和想法, 可以随时与组委会联系, 若您决定参加会议, 请填写回执寄回(联系方式见回执表格), 或以电子邮件传到组委会电子邮箱 [gphy2012@126.com](mailto:gphy2012@126.com), 请在 2012 年 4 月 30 日前回复我们, 以便我们为您提供更多的有关会议的信息。

中国化学会  
中国光学学会  
韶关学院 韶关市化学化工学会

## 第十七届全国分子光谱学学术会议 (2012 年 10 月 19—22 日)

### 回 执

姓 名		性 别		职务(职称)	
单位名称				固定电话	
				移动电话	
通讯地址	省	市	区	街 号	邮 编
E-mail				传 真	
论文题目					
参会方式 (请以√选择)	口头报告[ ]	报告人			
	墙 报[ ]				

注: 此回执, 请在 2012 年 4 月 30 日前邮寄给:

512005 广东省韶关市浈江区大塘路九公里, 韶关学院化学系 黄冬兰 收  
或电子邮件给: [gphy2012@126.com](mailto:gphy2012@126.com)